

**MNPEF**  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

CAMPUS ARARANGUÁ

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA

Luana Michels

**RESGATE DO ENSINO DE FÍSICA POR MEIO DE PROPOSTA DE SEQUÊNCIA  
DIDÁTICA COM USO DE EXPERIMENTAÇÃO PARA ABORDAGEM DA ÓPTICA  
GEOMÉTRICA NO ESTUDO DE LENTES**

Araranguá

2022

Luana Michels

**RESGATE DO ENSINO DE FÍSICA POR MEIO DE PROPOSTA DE SEQUÊNCIA  
DIDÁTICA COM USO DE EXPERIMENTAÇÃO PARA ABORDAGEM DA ÓPTICA  
GEOMÉTRICA NO ESTUDO DE LENTES**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade do Federal de Santa Catarina – Campus Araranguá no Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:

Prof. Dr<sup>a</sup>. Marcia Martins Szortyka.

Araranguá

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Michels, Luana

Proposta de sequência didática com uso de experimentação  
para abordagem da óptica geométrica no estudo de lentes /  
Luana Michels ; orientador, Marcia Martins Szortyka, 2022.  
190 p.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade  
Federal de Santa Catarina, Campus Araranguá, Programa de  
Pós-Graduação em Ensino de Física, Araranguá, 2022.

Inclui referências.

1. Ensino de Física. 2. Óptica geométrica. I. Szortyka,  
Marcia Martins. II. Universidade Federal de Santa  
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. III.  
Título.

**RESGATE DO ENSINO DE FÍSICA POR MEIO DE PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM  
USO DE EXPERIMENTAÇÃO PARA ABORDAGEM DA ÓPTICA GEOMÉTRICA NO ESTUDO DE  
LENTE**

Luana Michels

---

Prof.(a) Marcia Martins Szortyka, Dr.(a)

Orientadora.

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal de Santa Catarina, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

Aprovada por:

---

Prof. Agenor Hentz da Silva Junior, Dr.  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Profa. Karen Pinto Ribeiro, Dra.  
Universidade de Caxias do Sul

---

Prof. Marcelo Freitas de Andrade, Dr.  
Universidade Federal de Santa Catarina

Araranguá, 2022.

Este trabalho é dedicado a meus pais, Leonei e Neuseli, que fizeram tudo para que todas as suas filhas pudessem estudar, sonho que não puderam seguir e realizaram através de mim e minhas irmãs.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente à meus pais Neuseli Menegasso Michels e Leonei Esser Michels por cuidarem de minha educação de forma sensacional sem medir esforços para que qualquer uma de suas filhas pudessem estudar e seguir seus sonhos.

À minha família e amigos pelo apoio e palavras de incentivo, além de compreender e suportar minha ausência e afastamento nos momentos de estudo.

À professora Márcia Martins Szortyka, pela paciência, por todo conhecimento compartilhado, material disponibilizado e pela ilustre orientação neste trabalho.

Aos professores Mauricio, Marcelo F., Leandro, Felipe, Marcia, Marcelo Z., Bernardo, Éverton, Giuliano das disciplinas cursadas no MNPEF pelas excelentes aulas e toda inspiração que proporcionaram.

À Universidade Federal de Santa Catarina, por oferecer este curso que proporciona formação de qualidade aos professores de física, proporcionando como consequência a evolução do ensino de física.

Aos colegas de turma em especial aos amigos Fabiana de Sousa Marcelo, Jorge Luiz Bieguer e Jorge Martins Inácio pela parceria na caminhada acadêmica desde a graduação até este momento.

À Escola de Educação Básica São Ludgero, em especial à equipe administrativa por todo apoio profissional e na flexibilidade nos ajustes de horários tão necessários para que esta formação pudesse ser concretizada.

À Escola de Educação Básica Fridolino Hulse e aos alunos do sexto ano e terceira série do ensino médio por participarem com empolgação das atividades do estágio e aplicação do produto educacional.

A todos que de alguma forma estiveram presentes e necessariamente ausentes assim contribuindo para que este trabalho fosse possível.

À Capes pelo financiamento do Programa de Mestrado Nacional Profissionalizante em Ensino de Física.

## **RESUMO**

### **RESGATE DO ENSINO DE FÍSICA POR MEIO DE PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM USO DE EXPERIMENTAÇÃO PARA ABORDAGEM DA ÓPTICA GEOMÉTRICA NO ESTUDO DE LENTES.**

**Luana Michels**

**Orientador:**

**Prof. Dr<sup>a</sup>. Marcia Martins Szortyka**

O processo de ensino aprendizagem é uma variável complexa que exige estudo e aperfeiçoamento constante por parte do professor. Considerando em especial o ensino de física, este trabalho busca contribuir com o processo de ensino aprendizagem apresentando uma proposta de sequência didática potencialmente significativa com uso da experimentação à luz da teoria da aprendizagem significativa crítica para abordagem da óptica geométrica, estudo do olho humano, problemas da visão e correção. A proposta busca romper com a realidade vivenciada pelos estudantes, exposta no relato sobre as aulas de física, utilizando os princípios fundamentais para aprendizagem significativa crítica. Inicialmente foi aplicada a pesquisa para reconhecimento da realidade dos estudantes possibilitando ajustes no material proposto, seguindo com a aplicação no ensino médio utilizando 20 aulas e no ensino fundamental utilizando 10 aulas para cada grupo de alunos. Durante as aulas houve a aplicação de experimentos, construção de desenhos, mapas mentais, uso de vídeos, além de aulas expositivas e dialogadas para o estudo do olho humano, os principais problemas da visão e suas correções utilizando lentes delgadas. Inicialmente os alunos observaram o experimento inicial com a associação de lentes representado o olho normal, míope e hipermetrópe, para reconhecer a diferença no local da formação da imagem em cada caso, seguindo então com as atividades propostas que foram finalizadas com a retomada do experimento inicial onde o estudante testa as possibilidades de correção para a miopia e hipermetropia associando lentes à cada representação, observando a participação ativa de cada estudante gerando discussões e questionamentos pertinentes ao objeto de estudo.

**Palavras-chave:** Ensino de Física; Experimentação; Aprendizagem significativa.

Araranguá

2022

## **ABSTRACT**

### **RESCUE PHYSICS TEACHING THROUGH A DIDACTIC SEQUENCE PROPOSAL WITH THE USE OF EXPERIMENTATION TO APPROACH GEOMETRIC OPTICS IN THE STUDY OF LENSES.**

**Luana Michels**

**Advisor:**

**Prof. Dr<sup>a</sup>. Marcia Martins Szortyka**

The teaching-learning process is a complex variable that requires constant study and improvement by the teacher. Considering the teaching of physics in particular, this work seeks to contribute to the teaching-learning process by presenting a proposal for a potentially significant didactic sequence using experimentation in the light of the critical significant learning theory to approach geometric optics, study of the human eye, problems of vision and correction. The proposal seeks to break with the reality experienced by students, exposed in the report on physics classes, using the fundamental principles for meaningful critical learning. Initially, the survey was applied to recognize the reality of students, enabling adjustments in the proposed material, followed by the application in high school using 20 classes and in elementary school using 10 classes for each group of students. During the classes there was the application of experiments, construction of drawings, mental maps, use of videos, in addition to expository and dialogue classes for the study of the human eye, the main problems of vision and their corrections using thin lenses. Initially, the students observed the initial experiment with the association of lenses representing the normal, myopic and hyperopic eye, to recognize the difference in the location of image formation in each case, then following with the proposed activities that were completed with the resumption of the initial experiment where the student tests the possibilities of correction for myopia and hyperopia, associating lenses to each representation, observed the active participation of each student, generating discussions and questions relevant to the object of study.

**Keywords:** Physics Teaching; Experimentation; Meaningful learning.

Araranguá

2022



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
1.1	OBJETIVOS.....	16
1.1.1	<b>Objetivo Geral.....</b>	<b>16</b>
1.1.2	<b>Objetivos Específicos.....</b>	<b>16</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>18</b>
<b>3</b>	<b>ESTUDO DAS LENTES NA ÓPTICA GEOMÉTRICA.....</b>	<b>21</b>
3.1	TIPOS DE LENTES DELGADAS.....	22
3.2	FORMAÇÃO DAS IMAGENS NAS LENTES DELGADAS.....	27
3.3	EQUAÇÕES FUNDAMENTAIS PARA O ESTUDO DAS LENTES DELGADAS....	31
3.4	OLHO HUMANO.....	34
3.5	DEFEITOS DA VISÃO.....	38
3.6	CORREÇÃO COM USO DE LENTES.....	39
<b>4</b>	<b>TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA.....</b>	<b>41</b>
4.1	PLANEJAMENTO DA AULA SEGUNDO UMA ABORDAGEM MOREIRIANA....	49
<b>5</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>50</b>
5.1	ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO.....	50
5.2	A MONTAGEM DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	52
<b>5.2.1</b>	<b>Materiais utilizados.....</b>	<b>52</b>
5.3	MATERIAIS UTILIZADOS.....	57
5.4	PLANEJAMENTO DA AULA.....	57
5.5	RELATO DA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	59
<b>5.5.1</b>	<b>Aplicação no ensino médio.....</b>	<b>59</b>
<b>5.5.2</b>	<b>Aplicação no ensino fundamental.....</b>	<b>73</b>
5.6	ANÁLISE DA APLICAÇÃO.....	86
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>88</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>90</b>
	<b>APÊNDICE A – SUGESTÃO DE PLANO DE AULA PARA O ENSINO MÉDIO.....</b>	<b>93</b>
	<b>APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO APLICADO.....</b>	<b>180</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O processo de ensino, na perspectiva pedagógica, é uma variável complexa e cheia de detalhes que exigem atenção. Executá-lo de forma eficaz requer muito estudo, aperfeiçoamento, adaptação, trabalho e empolgação de forma intensa e contínua por parte do professor. A busca por aperfeiçoamento intelectual e de estratégias/métodos eficazes para certas realidades, pode proporcionar o encontro de diversas ações e sugestões que se mostraram eficientes para determinados cenários, no entanto, não apresentaram o mesmo grau de aproveitamento em situações com características diferentes. Tendo em vista a diversidade de realidades apresentadas nas salas de aula fica evidente que situações singulares requerem estratégias adaptáveis, ou seja, no momento do planejamento das aulas e escolha de metodologias é preciso atentar para a complexidade que o processo de ensino aprendizagem exige. Watanabe (2021, p. 10) afirma:

Ao considerar as dimensões para a complexidade (Educacional, Ensino-Aprendizagem e Epistemológica) é preciso organizar aspectos que são essenciais para uma formação mais crítica, capaz de lidar com as incertezas e riscos que o mundo nos impõe. Essas dimensões projetam aspectos explícitos e implícitos sobre a complexidade no processo de formação do sujeito, o que, por sua vez, pode contribuir para ajustar/criar/promover situações efetivamente possíveis para a formação desejada. Essas três dimensões caminham conjuntamente e as interações que se estabelecem neste processo poderá alavancar as aprendizagens possíveis.

Partindo da complexidade que o processo de ensino exige, é inevitável que a busca por aperfeiçoamento profissional do professor seja constante e ativa, refletindo esse aperfeiçoamento no processo de ensino aprendizagem. Dessa maneira Watanabe (2021, p. 10) afirma que parece essencial promover cursos e incluir reflexões nas matrizes curriculares das licenciaturas que incorporem a perspectiva da complexidade. Depois da graduação, e em muitos casos a especialização, é possível concluir que professores de física têm clareza da utilidade/aplicabilidade/importância da física, porém isso não parece ser suficiente para que esse esclarecimento esteja presente na sala de aula, bem como possa ser apresentado aos estudantes. Isso se confirma com a análise do comportamento dos estudantes durante as aulas de física em que a presença de questionamentos sobre a utilidade desses assuntos e conteúdos

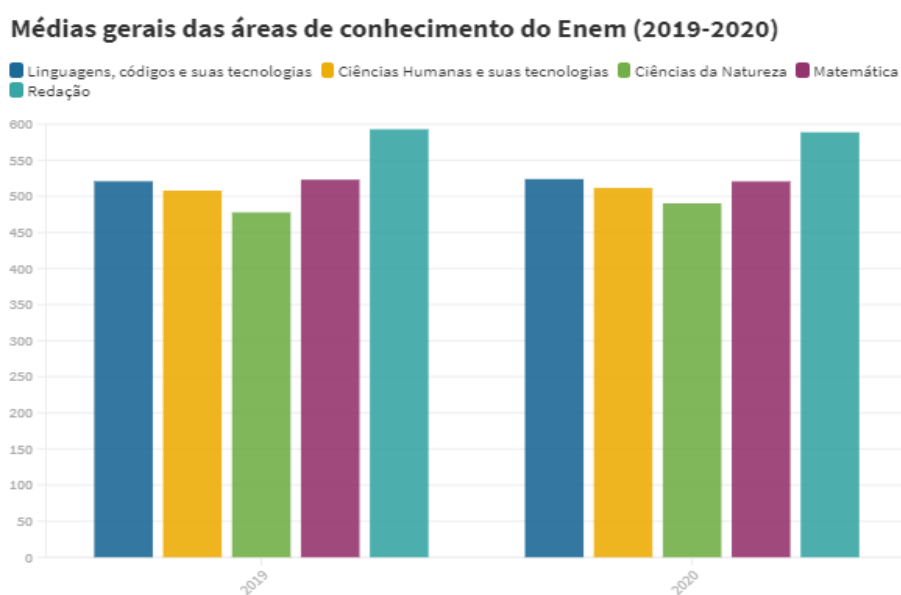
trabalhados é muito comum, como relata:

[...] uma das alunas do curso que eu ministrava como aluno de doutorado, me perguntou de repente: - o que isso tem a ver com a minha vida? Respondi prontamente: Sharon, isto é física! Tem tudo a ver com a sua vida! A moça me pediu um exemplo. Pensei muito, mas não consegui encontrar nenhum. (HALLIDAY, 2010)

Tanto a existência desse tipo de questionamento é comum, como a atitude apresentada pelo professor. É possível avaliar que esse tipo de vivência pode ser precursora na criação da ilusão de que física é apenas uma matéria que compõe determinado curso ou nível de ensino com um conjunto infinito de fórmulas e problemas difíceis sem grande aplicação à situações comuns. No entanto, não se pode deixar de lado o questionamento “como uma disciplina tão aplicada ao mundo cotidiano como a física reflete tão pouco interesse por parte dos estudantes na sala de aula?”.

O estudo da física proporciona o entendimento do funcionamento do universo e mundo ao qual fazemos parte, incluindo toda tecnologia presente nele. Apenas por si só a física deveria causar grande interesse e curiosidade, tendo como consequência o desenvolvimento do aprendizado do estudante. No entanto, vários são os entraves encontrados durante as aulas de física. Isso é refletido no desempenho dos estudantes nas ciências da natureza no Exame Nacional de Ensino Médio - ENEM como mostra o gráfico:

Gráfico 1: Médias gerais das áreas de conhecimento do Enem 2019 e 2020




Fonte: [opovo.com.br/noticias/brasil/2021/04/01/enem-2020](http://opovo.com.br/noticias/brasil/2021/04/01/enem-2020)

No gráfico 1 é possível analisar que as ciências da natureza destacadas pelas colunas verdes, área onde a física está inserida, é a área que apresenta menor desempenho no Enem tanto em 2019 como em 2020.

As figuras 1 até 5 ilustram alguns recortes de diários de classe das aulas de Física na Escola onde o produto educacional será aplicado.

*Figura 1- Diário de classe 4º bimestre 2016 1º série ensino médio inovador*


 ESTADO DE SANTA CATARINA SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO	Curso	Turno	SÉRIE	Turma
	9000 - ENSINO MÉDIO INOVADOR	INTEGRAL	1	1
EEB FRIDOLINO HULSE-SÃO MARTINHO 2016 - 4º Bimestre	Disciplina	Sala	Horário	Tipo da Turma
DIÁRIO DE CLASSE	FÍSICA	7	07:45 a 17:15	EMI

03/10/2016 - 03/10 a 13/10/16 - Unidade II - Cinemática vetorial. Vetores, Operações com vetores. Exercícios - correção.  
 17/10/2016 - 17/10 a 31/10/16 - Unidade III - Dinâmica. Capítulo 10 - Os princípios da Dinâmica. As três Leis de Newton. Questões - correção.  
 01/11/2016 - 01/11 a 11/11/16 - Exercícios sobre as Leis de Newton - correção. Exercícios de fixação - correção.  
 16/11/2016 - 16/11 a 30/11/16 - Força-peso, força de tração. Roldana ou polia. Avaliação individual. Revisão do avaliação. Avaliação de recuperação. Revisão da avaliação. Trabalho individual sobre a terceira Lei de Newton. Revisão do trabalho.  
 01/12/2016 - 01/12 a 15/12/16 - Revisão dos conteúdos estudados durante o ano letivo. Avaliação final.

Fonte: Acervo do autor

A figura 1 refere-se a um diário de classe do quarto bimestre da primeira série do ensino médio inovador do ano de 2016. É possível perceber o registro dos objetos de estudo seguidos da estratégia aplicada que consiste em aplicação e correção de exercícios.

*Figura 2 - Diário de classe 4º bimestre 2016 3º série ensino médio inovador*

 ESTADO DE SANTA CATARINA SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO	Curso	Turno	SÉRIE	Turma
	9000 - ENSINO MÉDIO INOVADOR	INTEGRAL	3	1
EEB FRIDOLINO HULSE-SÃO MARTINHO 2016 - 4º Bimestre	Disciplina	Sala	Horário	Tipo da Turma
DIÁRIO DE CLASSE	FÍSICA	8	07:45 a 17:15	EMI

03/10/2016 - 03/10 a 13/10/16 - Continuação do projeto "Violência": "Bebida alcoólicas representam risco". Exercícios de fixação sobre Campo elétrico - correção. Campo elétrico de um condutor esférico. Exercícios - correção.  
 17/10/2016 - 17/10 a 31/10/16 - Avaliação individual. Revisão da avaliação. Trabalho da força elétrica. Exercícios - correção.  
 01/11/2016 - 01/11 a 11/11/16 - Avaliação de recuperação. Revisão da avaliação de recuperação. Capacitor, capacidade elétrica ou capacitância. Garrafa de Leyden - Trabalho individual. Revisão do trabalho individual.  
 16/11/2016 - 16/11 a 30/11/16 - Avaliação de recuperação. Revisão da avaliação de recuperação. Unidade 2 - Eletrodinâmica - Capítulo 8 - corrente elétrica - introdução.  
 01/12/2016 - 01/12 a 15/12/16 - Revisão dos conteúdos estudados durante o ano letivo. Avaliação final.

Fonte: Acervo do autor

Na figura 2, referente a um diário de classe do quarto bimestre da terceira série do ensino médio inovador do ano de 2016, é possível perceber o registro dos objetos de estudo seguidos da estratégia aplicada que consiste em aplicação e correção de exercícios, seguida de avaliação.

Figura 3 - Diário de classe 4º bimestre 2º série ensino médio regular

ESTADO DE SANTA CATARINA SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO		Curso	Turno	SÉRIE	Turma
EEB FRIDOLINO HULSE-SÃO MARTINHO 2016 - 4º Bimestre		2912 - ENSINO MÉDIO	NOTURNO	2	1
DIÁRIO DE CLASSE		Disciplina	Sala	Horário	Tipo da Turma
		FÍSICA	8	19:00 a 22:30	Regular
03/10/2016 - 03/10 a 13/10/16 - Texto para estudo: 'Bebidas alcoólicas representam risco'. Questões: trabalho individual. Continuação dos exercícios sobre calor latente. Correção.					
17/10/2016 - 17/10 a 31/10/16 - Capítulo 4 - Mudanças de estado: O quarto estado da matéria. Vaporização e condensação. Pressão máxima de vapor. Painéis de pressão. Fusão e solidificação. Higrometria. Transpiração e umidade relativa. Questões - correção. Trabalho individual. Revisão do trabalho.					
01/11/2016 - 01/11 a 11/11/16 Capítulo 5: Estudo dos gases. Exercícios.					
16/11/2016 - 16/11 a 30/11/16 - Correção de exercícios sobre estudo dos gases. Trabalho individual. Revisão do trabalho.					
01/12/2016 - 01/12 a 15/12/16 - Revisão dos conteúdos estudados durante o ano letivo. Avaliação final.					

Fonte: Acervo do autor

Na figura 3, referente a um diário de classe do quarto bimestre da segunda série do ensino médio regular do ano de 2016, é possível perceber o registro dos objetos de estudo seguidos da estratégia aplicada que consiste em aplicação e correção de exercícios, revisão de trabalho finalizado com avaliação.

Figura 4 - Diário de classe 4º bimestre 1º série ensino médio regular

ESTADO DE SANTA CATARINA SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO		Curso	Turno	SÉRIE	Turma
EEB FRIDOLINO HULSE-SÃO MARTINHO 2016 - 4º Bimestre		2912 - ENSINO MÉDIO	NOTURNO	1	2
DIÁRIO DE CLASSE		Disciplina	Sala	Horário	Tipo da Turma
		FÍSICA	7	19:00 a 22:30	Regular
03/10/2016 - 03/10 a 13/10/16 - Unidade II - Cinemática vetorial. Vetores; Operações com vetores. Exercícios - correção.					
17/10/2016 - 17/10 a 31/10/16 - Unidade III - Dinâmica. Capítulo 10 - Os princípios da Dinâmica. As três Leis de Newton. Questões - correção.					
01/11/2016 - 01/11 a 11/11/16 - Exercícios sobre as Leis de Newton - correção. Exercícios de fixação - correção.					
16/11/2016 - 16/11 a 30/11/16 - Força-peso. força de tração. Roldana ou polia. Avaliação individual. Revisão do avaliação. Avaliação de recuperação. Revisão da avaliação. Trabalho individual sobre a terceira Lei de Newton. Revisão do trabalho.					
01/12/2016 - 01/12 a 15/12/16 - Revisão dos conteúdos estudados durante o ano letivo. Avaliação final.					

Fonte: Acervo do autor

Na figura 4, referente a um diário de classe do quarto bimestre da primeira série do ensino médio regular do ano de 2016, é possível perceber o registro dos objetos de estudo seguidos da estratégia aplicada que consiste em aplicação e correção de exercícios, revisão de trabalho finalizando com avaliação final.

Figura 5 - Diário de classe 2º bimestre 3º série

CONTEÚDO DIÁRIO	
22/02/2016 - 22/02 a 04/03/16 - Dinâmica: Poesia: "é hora de recomeçar... Então vamos refazer as mochilas?". Capítulo 1 - Termometria: Introdução ao estudo do calor. Conceitos básicos. Exercícios.	
07/03/2016 - 07/03 a 17/03/16 - Escalas e conversões: Celsius, Fahrenheit e Kelvin. Exercícios - correção.	
21/03/2016 - 21/03 a 31/03/16 - Trabalho individual: Pesquisa sobre as principais escalas termométricas. Exercícios de revisão - correção. Avaliação individual.	
04/04/2016 - 04/04 a 14/04/16 - Revisão da avaliação. Dilatação de sólidos e líquidos - introdução. Avaliação de recuperação. Revisão da recuperação.	
18/04/2016 - 18/04 a 28/04/16 - Dilatação térmica linear dos sólidos. Exercícios.	

Fonte: Acervo do autor

Na figura 5, referente a um diário de classe do segundo bimestre da terceira série do ensino médio regular do ano de 2016, é possível perceber o registro dos objetos de estudo

seguidos da estratégia aplicada que consiste em aplicação e correção de exercícios, revisão da avaliação para recuperação, recuperação, revisão de recuperação e finalizado com resolução de exercícios.

Uma rápida leitura nos registros das estratégias utilizadas nos possibilita ver que as aulas têm sido puramente teóricas, com o uso de metodologia expositiva e dialogada, não havendo diferenciação de estratégias e métodos para o ensino inovador em relação ao ensino regular. Fica evidente que a experimentação é quase inexistente, mesmo que a escola dispõe de laboratório e profissional para auxílio na elaboração de aulas diferenciadas.

Essa observação traz de forma explícita a necessidade de romper barreiras, de promover a ressignificação ao processo de ensino aprendizagem, ou seja, realizar ações que possibilitem esse rompimento de barreiras que fazem o processo de ensino estar estagnado com estratégias conservadoras.

Nesse sentido discutir sobre a importância e a necessidade da construção e evolução da ciência tem sido uma tarefa fundamental na formação docente de todas as disciplinas e instituições de ensino, levando em consideração a possibilidade de gerar esclarecimento social quanto a diferenciação entre informações de procedência confiável em tempos de acesso a todo tipo de conteúdo e informação. Watanabe (2021, p. 10) afirma que a área de ensino de ciência/física vem mostrando diversos caminhos para a mudança e isso poderá render bons frutos se formos capazes de incorporar boas práticas. Nesse sentido os caminhos, no plural, nos remetem às diferentes possibilidades, ou seja, não existe apenas uma maneira de conduzir o processo de ensino aprendizagem. Da mesma maneira as boas práticas abrem margem para ações que atingem os objetivos necessários para o desenvolvimento da aprendizagem.

Nessa perspectiva o ensino de física deve ser parte atuante na ação de gerar discussões por meio da interação social de forma a contribuir de forma positiva na construção do pensamento e senso crítico não só dos estudantes mas também dos profissionais que atuam na sua formação.

Estando a humanidade em constante desenvolvimento, se torna difícil utilizar métodos prontos no processo de ensino aprendizagem, na perspectiva de observar resultados

idênticos àqueles já apresentados outrora, já que o público e o mediador são outros. Esse pensamento pode ser aplicado às diversas áreas do conhecimento, sendo assim neste trabalho será apresentado uma reflexão sobre o processo de ensino aprendizagem à luz da aprendizagem significativa crítica, seguido de uma proposta de metodologia a ser aplicada no ensino de física na educação básica, ressaltando que esta proposta pode sofrer adaptações de acordo com a necessidade exigida.

Uma ação resultante dos objetivos deste trabalho é demonstrar que com o auxílio da internet, materiais disponíveis na escola e materiais de baixo custo, se torna possível aplicar sequências didáticas que oportunizem desenvolver a curiosidade e questionamentos dos estudantes para situações problemas aplicadas aos conteúdos de física. Diante dessa perspectiva fica claro que desenvolver a curiosidade pode ser uma estratégia eficaz para melhorar o processo de ensino aprendizagem.

Para poder planejar a proposta de sequência didática foi aplicado um questionário prévio com a intenção de conhecer a perspectiva do estudante perante as aulas de física que ele vivência. A partir desse questionário grande parte ds estudantes relata desmotivação por não identificar utilidade prática naquele assunto da maneira como está sendo trabalhado, ou seja, a utilidade do objeto de estudo trabalhado não fica clara ao estudante. Esse questionário e suas respostas na íntegra estão no capítulo 5 e apêndice B, no item 5.1 com a análise de suas respostas.

Neste trabalho é destacado, dentre os objetos de estudo da disciplina de física no ensino fundamental e médio, o estudo das lentes em óptica geométrica com ênfase aos problemas da visão e correções com uso das lentes delgadas. A escolha por este objeto de estudo se sustenta pela usual abordagem composta prioritariamente com modelos esquemáticos e equações utilizadas em problemas descritivos. A proposta é inserir experimentação e práticas pedagógicas que vão além de aula expositiva e dialogada, seguida de resolução e correção de exercícios finalizados com prova ou trabalho no mesmo formato.

Nesse sentido, o produto desse trabalho trata-se de uma proposta de sequência didática para trabalhar a morfologia e anatomia do olho humano na formação das imagens comparando os problemas de visão e os tipos de lentes utilizados para a correção. Esta

proposta será aplicada em uma turma de sexto ano, já que com a Base Nacional Comum Curricular – BNCC este objeto de aprendizagem está inserido no sexto ano e no ensino médio, em concordância com a grade curricular da escola, com a intenção de verificar o interesse na participação da atividade bem como seu desenvolvimento e aproveitamento.

O documento está estruturado da seguinte maneira: introdução, metodologia utilizada, referencial teórico, aplicação e coleta de dados, análise dos resultados, conclusão com apresentação das considerações finais e referências.

Após esse diagnóstico da realidade do ensino de física, esse trabalho tem o objetivo de confeccionar um produto didático onde constam propostas de sequências didáticas que possam ser desenvolvidas tanto no ensino fundamental (séries finais) como no ensino médio. Ainda que o professor não conte com a presença de um laboratório de ciências (ou Física) com profissional para auxiliar o professor, a fim de aumentar as possibilidades metodológicas aplicáveis disponíveis para uso no ensino básico de física pautadas com os seguintes objetivos:

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

- Construir um Produto Educacional sobre o tema Óptica Geométrica, visão e correção de defeitos. O material de ensino será construído sob a luz da Teoria da Aprendizagem Significativa crítica de Moreira. O Produto Educacional será aplicado em turmas de ensino fundamental e médio.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- Aplicar uma pesquisa, com alunos do ensino médio, sobre o interesse no aprendizado da física e quais atividades poderiam tornar as aulas de física mais atrativas;



- Elaborar um experimento que representa a formação da imagem no olho humano em duas dimensões. Serão explorados a formação de imagem em um olho saudável, um olho com problemas de visão (miopia e hipermetropia) e a possível correção para os diferentes problemas visuais;
- Desenvolver uma sequência didática potencialmente significativa para o ensino médio seguida de uma adapção para o ensino fundamental;
- Aplicar as sequências didáticas no sexto ano e no ensino médio a fim de verificar o entendimento da morfologia e anatomia no olho humano e os problemas de visão na disciplina de ciências de acordo com a Base Nacional Comum Curricular;

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este trabalho trata de uma proposta de sequência didática para o ensino da física, onde se faz necessário a busca por trabalhos já realizados nessa mesma linha com a intenção de investigar produtos já existentes e poder contribuir de forma a complementar estudos já feitos. Neste sentido seguem alguns trabalhos já realizados com uma breve descrição acerca de cada um:

Machado (2008) em relatório de tópicos de ensino aprendizagem da Universidade Federal de Campinas, Instituto de Física Gleb Wataghin sobre as lentes e visão humana. Traz a representação do olho normal, do olho com miopia e do olho com hipermetropia, porém não traz a correção dos defeitos da visão.

Lira (2016) em seminário com o nome de *Biofísica da Visão* na UNIRIOS, os alunos de biomedicina abordam o comportamento da luz e os defeitos da visão através da propagação da luz em lentes e tratam os defeitos da visão e suas correções de forma conceitual. Nesse estudo os estudantes puderam trabalhar com física, fisiologia e anatomia.

Brignoni e Souza (2018) apresentam como produto educacional vinculado à dissertação no Instituto Federal Goiano - IFGO com o título de *Experimento didático formativo: a formação da imagem no olho humano* uma série de ações que podem ser desenvolvidas no ensino de física, no entanto seu foco principal é a formação das imagens onde os defeitos da visão são tratados apenas com a representação de onde as imagens são formadas, sem experimentação que demonstre qual o papel da correção na formação das imagens que é onde se quer chegar neste trabalho. Dessa maneira o presente trabalho complementa o trabalho já desenvolvido por Brignoni e Souza no que tange ao uso da experimentação vinculada ao processo de ensino.

Varela (2016) apresenta como produto educacional um material de apoio ao professor sobre o sentido da visão onde o tema é abordado apenas com representações em forma de desenho e definições. Neste sentido o presente trabalho vem ao encontro do mesmo em parte da questão temática e complementa o tópico referente aos defeitos da visão de forma teórica e prática contribuindo com o material já disponível.

Machado e Vicentini (2014) relatam o desenvolvimento do Programa de Desenvolvimento Educacional (PDE) que proporciona a formação continuada de professores no estado do Paraná onde trazem uma série de atividades que compõem uma sequência didática aplicada no projeto entre os anos de 2014 e 2015 sobre o estudo das lentes e do olho

humano, trazendo os defeitos da visão através de demonstração com o grupo de lentes disponível na escola e dois lasers semelhante a parte da metodologia proposta por essa pesquisa (neste não tem a parte da simulação dos efeitos que a correção deve causar na visão), seguida de pesquisa e análise de lentes de óculos e receitas de consultas oftalmológicas. Em suas considerações finais os autores reforçam a importância da formação continuada do professor de física, bem como a variedade metodológica ser fundamental no processo de ensino aprendizagem.

Pietrocola (2010) traz uma simulação dos problemas da visão com a utilização de uma lupa e um globo plástico de luminária, onde apontamos a lente na frente do globo para um local bem iluminado e observamos a formação da imagem no fundo. Os defeitos da visão são demonstrados com a aproximação e afastamento da lente.

No artigo de trabalho apresentado no II Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino de Ciências (II CONAPESC em Campina Grande, PB - 2017) de Alves e Freitas trazem os defeitos da visão apenas de forma teórica apresentando de maneira prática o porquê dos sinais de positivo e negativo no diagnóstico depois de uma consulta oftalmológica através de dois lasers e utilização de um óculos. Eles ressaltam a importância da experimentação mesmo que de forma empírica no processo de ensino aprendizagem.

Na plataforma Diversa, no relato de experiência sobre a aplicação de uma representação do olho humano, a professora R. P. Vieira, que executou a tarefa afirmou:

“Se um professor fica só na teoria, os estudantes têm mais dificuldade para compreender o conteúdo. Trabalhar com materiais pedagógicos concretos é muito importante porque essa é uma estratégia que relaciona o currículo com o mundo real. Além disso, eles tornam a aula mais dinâmica e os alunos se mostram mais curiosos e engajados.” **Acessado no dia 21 de março de 2021 às 11:45 h.**

Esse relato afirma como os estudantes passam a ter mais interesse com um experimento prático que demonstra o objeto de estudo que está sendo abordado pelo professor.

A busca por diferentes movimentos de diferenciação das estratégias puramente tradicionais com a intenção de gerar significado ao objeto de estudo abordado, está presente no relato acima. No entanto, quando se trata dos defeitos da visão a mesma é tratada apenas com desenhos ou definições com apresentação de características presentes em cada caso.

Dessa maneira este trabalho dissertativo surge como uma espécie de continuidade

e sequência para os trabalhos já existentes, oferecendo um complemento às estratégias e produtos já desenvolvidos no âmbito do ensino de física, uma vez que o mesmo traz uma representação em forma de experimento de como ocorrem os defeitos da visão e o resultado que a correção deve proporcionar.

### 3 ESTUDO DAS LENTES NA ÓPTICA GEOMÉTRICA.

O estudo da natureza da luz tem alguns pontos históricos importantes que devem ser levados em consideração, onde a partir deles é possível analisar quais modelos são considerados e onde são aplicados.

O primeiro deles é o período antes de Isaac Newton (1642-1727), onde a maioria dos cientistas imaginava que a luz fosse constituída por um feixe de minúsculas partículas. Em segundo lugar é preciso lembrar que foi por volta de 1665 que surgiu a ideia de a luz ser uma onda. No ano de 1816, Augustin Jean Fresnel, mostrou que seu princípio de interferência juntamente com o princípio desenvolvido por Christiaan Huygens poderiam explicar a propagação retilínea e os efeitos da difração da luz. A determinação da velocidade propagação das ondas eletromagnéticas em 1873 por James Clerck Maxwell juntamente com o trabalho experimental de Heinrich Hertz em 1887, mostraram de forma irrefutável a natureza eletromagnética da luz.

É preciso destacar que a natureza ondulatória da luz não é suficiente para explicar efeitos associados à absorção da luz que revelam sua natureza corpuscular, nesse sentido a energia transportada pela onda luminosa é concentrada em pacotes discretos chamados de fótons ou quanta. Foi por volta de 1930 com o desenvolvimento da eletrodinâmica quântica que foi possível explicar simultaneamente o aspecto ondulatório e o aspecto corpuscular da luz.

Em óptica geométrica consideramos que a luz viaja em linha reta até que muda a direção devido a algum artefato e utilizamos a nomenclatura de feixe de luz para explicar o funcionamento de espelhos e de lentes delgadas.

Lentes são dispositivos ópticos que têm como base de funcionamento o fenômeno de refração da luz. São instrumentos muito utilizados no dia a dia tanto para uso doméstico (como nos óculos, lupas, máquinas fotográficas, filmadoras, etc.) como em instrumentos de uso científico (telescópios, microscópios, etc.)

Com sua utilização na ciência, foram feitas importantes descobertas; por exemplo, de novos corpos celestes, por Galileu, produzindo avanços científicos e até mesmo a quebra de paradigmas. O princípio de funcionamento das lentes está diretamente relacionado à refração. Apesar de bastante associadas ao conceito de “aumento”, ou seja, obtenção de imagem maior que o objeto, veremos que uma mesma lente pode “aumentar” (imagem maior que o objeto) mas também pode “diminuir” (imagem menor que o objeto), e que sua utilização é muito útil, como em máquinas

fotográficas, óculos, binóculos, microscópios, telescópio etc. (Dom Bosco, 2016, p. 19 apostila 13).

Dessa maneira, as lentes delgadas estão presentes em muitos ramos das ciências proporcionando avanço tecnológico nas suas diversas áreas, proporcionando a aplicação de várias abordagens relacionadas à compreensão de muitos fenômenos no âmbito pedagógico.

### 3.1 Tipos de lentes delgadas

Existem dois tipos de lentes esféricas delgadas que apresentam grande aplicabilidade e merecem atenção no estudo da física. São as lentes de bordos finos e as lentes de bordos grossos.

As lentes de bordos finos são chamadas de convergentes e podem ser classificadas como: biconvexa, plano-convexa, côncavo-convexa.

A figura 6 apresenta a representação de uma lente convergente na forma do segmento de reta vertical com a seta inferior apontada para baixo e a seta superior apontada para cima, onde  $A_i$  e  $A_o$  representam os pontos antiprincipais,  $F_i$  e  $F_o$  representam os pontos focais e  $O$  representa o centro óptico da lente.

*Figura 6 - Representação de uma lente convergente.*

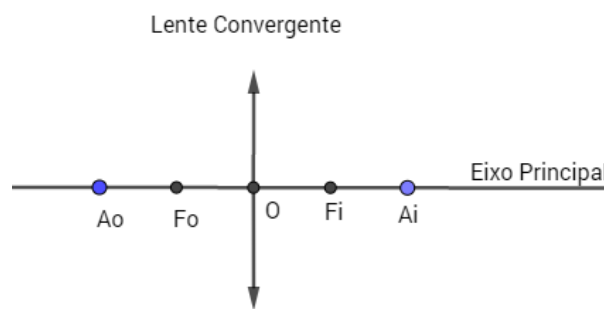
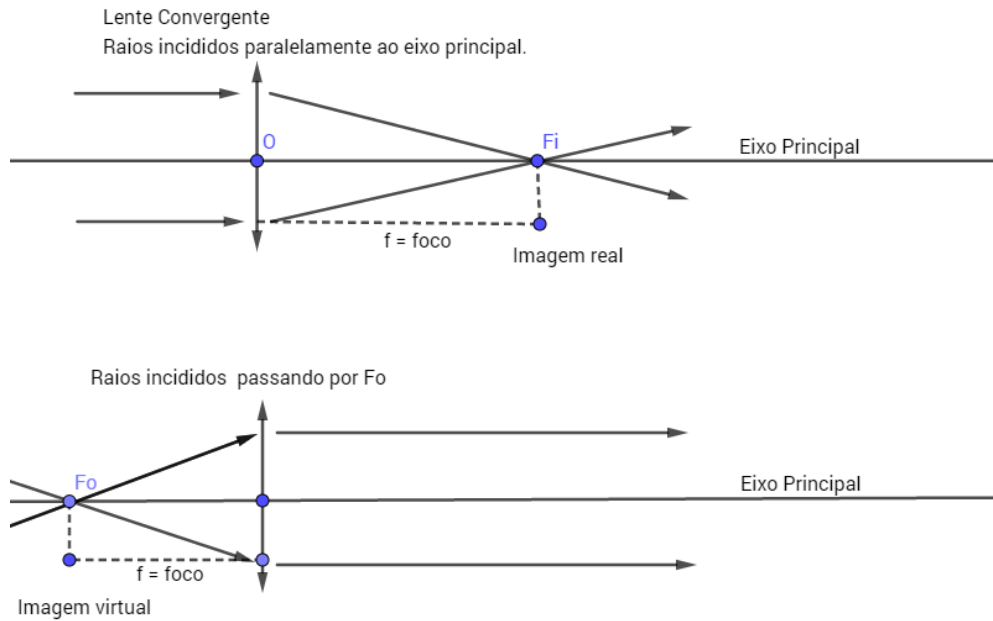


Figura 7 - Raios de luz incidentes em uma lente convergente.



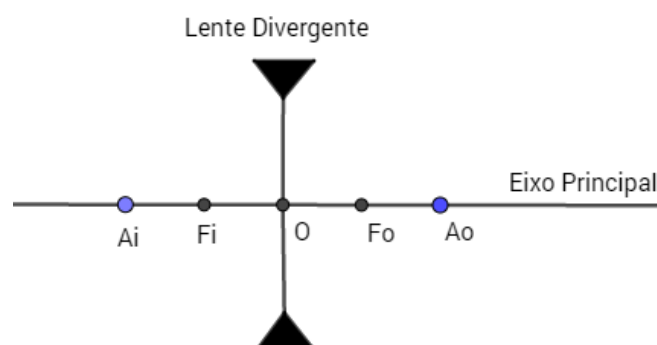
Fonte: Acervo do autor

Na figura 7, é possível perceber que quando um feixe de luz incide paralelamente ao eixo óptico da lente, os raios emergentes passam por  $F_i$ , chamado de segundo foco da lente, que se encontra a distância focal  $f$  da lente. Já os raios que partem do ponto  $F_o$ , chamado de primeiro foco da lente, também a uma distância focal  $f$  da lente emergem paralelamente ao eixo óptico da lente.

As lentes de bordos grossos são chamadas de divergentes e podem ser classificadas como: bicôncava, plano-côncava, convexa-côncava.

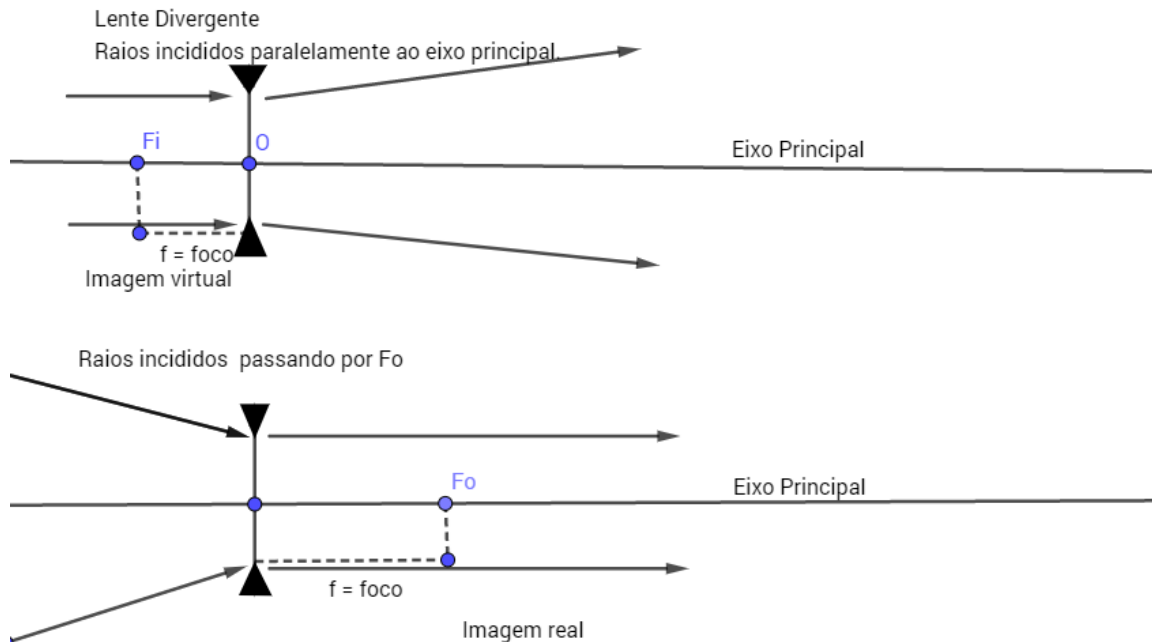
A figura 8 apresenta a representação de uma lente divergente na forma do segmento de reta vertical com a seta inferior apontada para cima e a seta superior apontada para baixo, onde  $A_i$  e  $A_o$  representam os pontos antiprincipais,  $F_i$  e  $F_o$  representam os pontos focais e  $O$  representa o centro óptico da lente.

Figura 8 - Representação de uma lente divergente.



Fonte: Acervo do autor

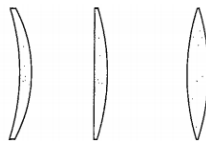
Figura 9 - Raios de luz incididos em uma lente divergente.



Fonte: Acervo do autor

Na figura 9, é possível perceber que os focos estão invertidos em relação à lente convergente. Com isso, quando um feixe de luz incide paralelamente ao eixo óptico da lente, os prolongamentos dos raios emergentes passam por  $F_i$ , ou seja, os raios divergem. Já os raios de luz que emergem paralelos ao eixo óptico tem seus prolongamentos passando pelo ponto  $F_o$ .

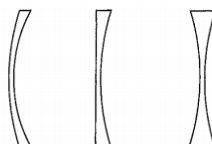
Figura 10 - Representação: lentes convergentes. Da esquerda para a direita: côncavo convexa, plano convexa, biconvexa.



Fonte: Young e Freedman, p. 54

A figura 10 apresenta uma representação das lentes convergentes que recebem os nomes de acordo com suas faces na ordem em que aparecem. Da esquerda para a direita temos a lente côncavo - convexa, a lente plano - convexa e a lente biconvexa.

Figura 11 - Representação das lentes divergentes. Da esquerda para a direita: convexo côncava, plano côncava, bicôncava



Fonte: Young e Freedman, p. 54



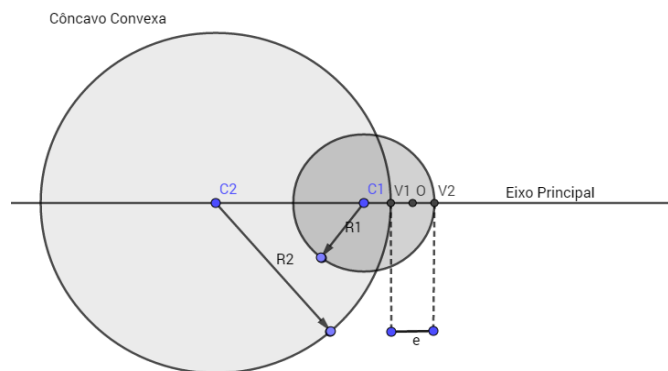
Na figura 11 vemos uma representação das lentes divergentes. Essas também recebem os nomes de acordo com a ordem das faces. Da esquerda para direita temos a lente convexo - côncava, lente plano - côncava e a lente bicôncava.

Os principais elementos que definem essas lentes são o centro óptico (O), os raios de curvatura (R) e o eixo óptico.

As figuras 12 até 17 podem auxiliar o professor de duas maneiras. A primeira delas é quanto a sua preparação conceitual e pedagógica que o processo de ensino aprendizagem exige, ou seja, a análise e o estudo dessas imagens podem proporcionar esclarecimento quanto a localização dos elementos principais a serem considerados nos cálculos envolvendo lentes. A segunda maneira é referente ao processo de ensino aprendizagem em sua prática, onde o professor pode fazer uso dessas imagens em suas aulas para que os estudantes possam se familiarizar com o significado e localização dos elementos principais das lentes esféricas estudadas naquele momento.

Na figura 12 podemos observar os raios de curvaturas, vértices, centro óptico e centro de uma lente côncavo - convexa considerando que a lente está localizada entre os vértices 1 e 2,  $V_1$  e  $V_2$  respectivamente.

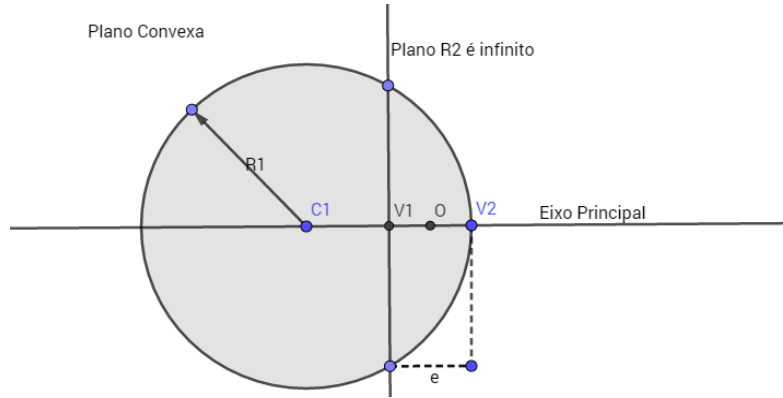
*Figura 12 - Raio de curvatura e centro óptico de uma lente côncavo convexa.*



Fonte: acervo do autor

Na sequência temos a figura 13 onde podemos observar os raios de curvaturas, vértices, centro óptico e centro de uma lente plano convexa considerando que a lente está localizada entre os vértices 1 e 2,  $V_1$  e  $V_2$  respectivamente.

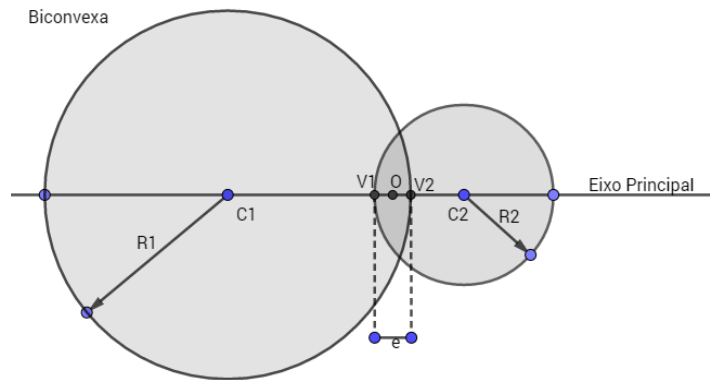
Figura 13 - Raio de curvatura e centro óptico de uma lente plano convexa.



Fonte: acervo do autor

Na figura 14 podemos observar os raios de curvaturas, vértices, centro óptico e centro de uma lente biconvexa considerando que a lente está localizada entre os vértices 1 e 2,  $V_1$  e  $V_2$  respectivamente.

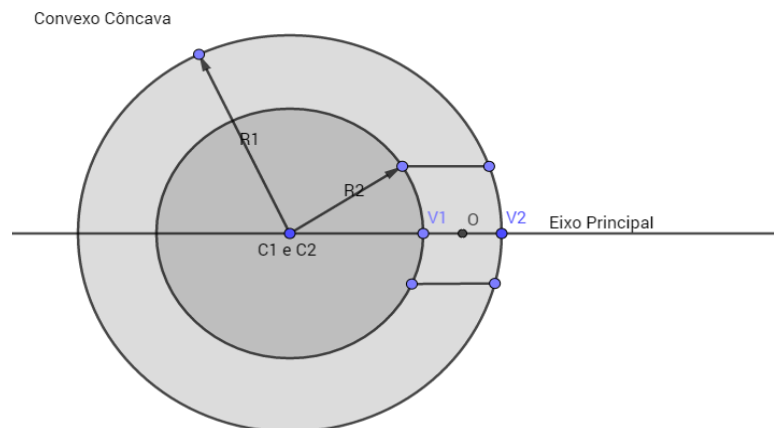
Figura 14 - Raio de curvatura e centro óptico de uma lente biconvexa.



Fonte: acervo do autor

Seguindo com a figura 15 podemos observar os raios de curvaturas, vértices, centro óptico e centro de uma lente convexo côncava considerando que a lente está localizada entre os vértices 1 e 2,  $V_1$  e  $V_2$  respectivamente.

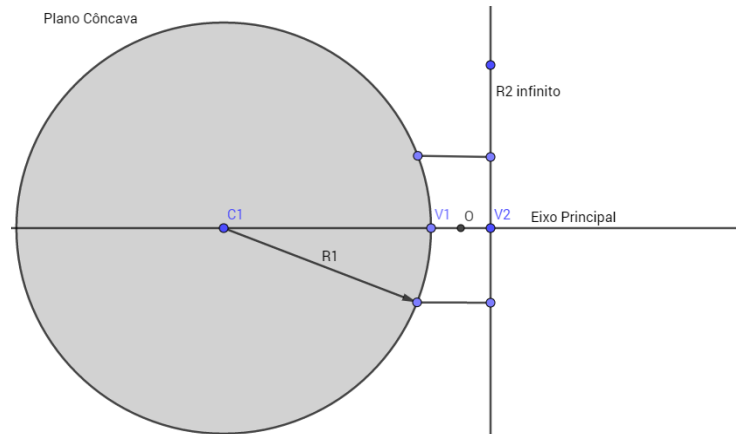
Figura 15 - Raio de curvatura e centro óptico de uma lente convexo côncava.



Fonte: acervo do autor

Na figura 16 podemos observar os raios de curvaturas, vértices, centro óptico e centro de uma lente plano côncava considerando que a lente está localizada entre os vértices 1 e 2,  $V_1$  e  $V_2$  respectivamente.

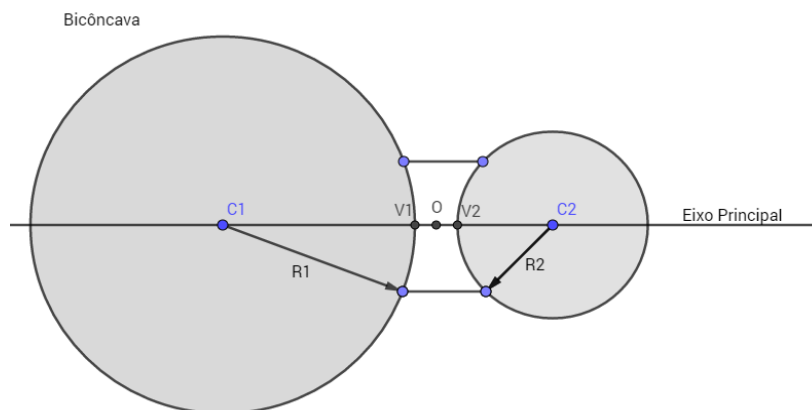
*Figura 16 - Raio de curvatura e centro óptico de uma lente plano côncava.*



Fonte: acervo do autor

Finalizando com a figura 17 podemos observar os raios de curvaturas, vértices, centro óptico e centro de uma lente bicôncava considerando que a lente está localizada entre os vértices 1 e 2,  $V_1$  e  $V_2$  respectivamente.

*Figura 17 - Raio de curvatura e centro óptico de uma lente bicôncava.*



Fonte: acervo do autor

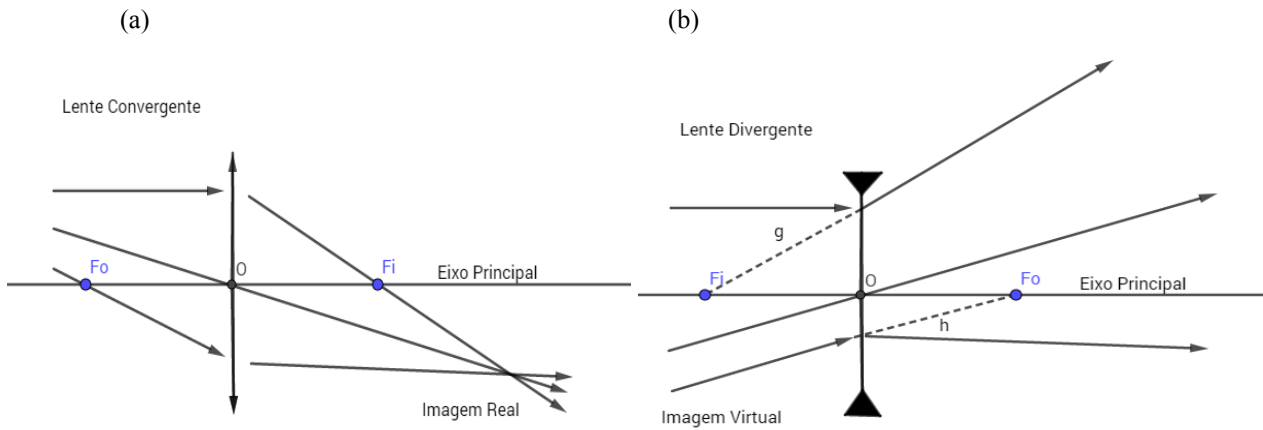
As imagens 12 até 17 mostram os componentes principais de cada lente, necessários para a aplicação das equações.

### 3.2 Formação das imagens nas lentes delgadas.

Na identificação das características da imagem formada por um objeto posicionado próximo a uma lente, é necessário conhecer o comportamento dos raios

principais que são incididos sobre a lente. Os raios de luz a serem considerados são chamados de raios principais ou particulares. Esses raios principais podem ser denominados como raios notáveis.

Figura 18 Representação dos raios notáveis



Fonte: Acervo do autor

A figura 18(a) apresenta o comportamento dos raios principais quando incidem em uma lente convergente, onde podemos observar que um raio que incide paralelo ao eixo principal emerge passando pelo ponto  $F_2$ , já um raio que passa pelo centro da lente emerge seguindo a mesma linha de emissão, finalizando com o raio que é incidido passando pelo ponto  $F_1$  emerge paralelamente ao eixo principal.

Na figura 18(b) podemos observar o mesmo comportamento dos raios principais quando incidem em uma lente divergente, sendo necessário observar o prolongamento do primeiro (incide paralelo ao eixo principal) e terceiro (incide passando por  $F_2$ ) raios.

Os raios particulares são utilizados para definir as características da imagem quanto a seu tamanho, orientação e natureza. A imagem pode ser maior ou menor que o objeto, pode ter a mesma orientação ou ser invertida e pode ser real ou virtual. Uma imagem real é formada no encontro dos raios de luz que emergem da lente. Se os raios não se cruzam quando emergem da lente, ou seja, apenas seus prolongamentos se cruzam, essa imagem é considerada virtual.

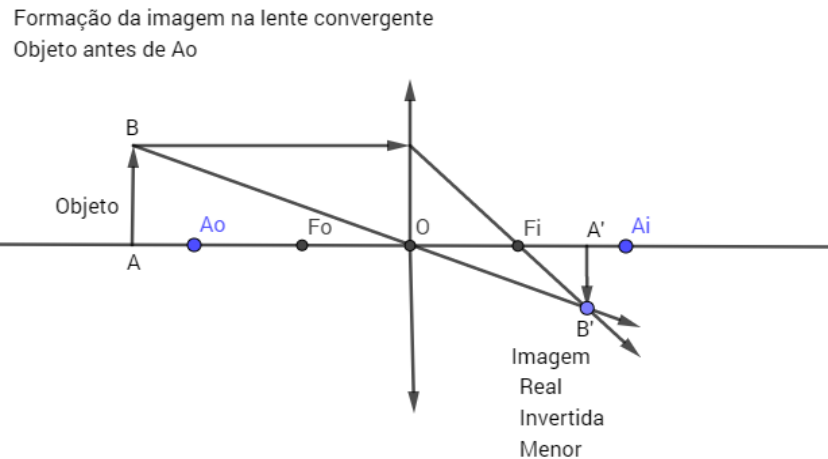
Isso quer dizer que quando a imagem é real, a posição do ponto imagem é determinada pela interseção entre qualquer um dos três raios 1, 2 e 3 da figura 18. Quando a imagem é virtual, a posição da imagem é determinada pela interseção dos prolongamentos dos raios emergentes.

Na lente divergente, qualquer que seja a posição do objeto em relação a lente, as

características da imagem sempre serão: virtual, direita e menor como mostra a figura 24.

Na lente convergente as imagens dependem da posição do objeto em relação à lente. Temos a representação da formação das imagens na lente convergente nas figuras 19 até 23 a partir do posicionamento do objeto em relação à lente.

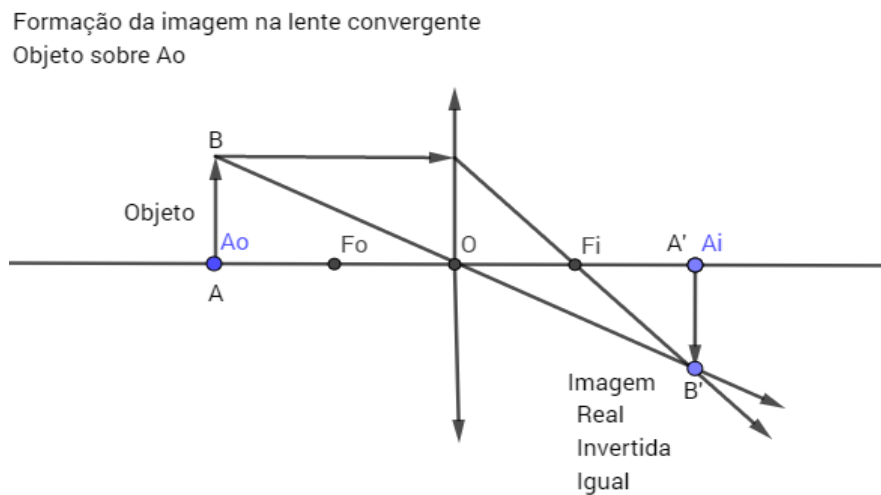
*Figura 19 - Objeto está antes de  $A_o$*



Fonte: Acervo do autor

Quando o objeto se encontra fora da região entre o foco e o vértice, a uma distância  $F_1$  maior que o dobro da distância focal, a imagem formada é real, invertida e menor.

*Figura 20 - Objeto está fora sobre  $A_o$*

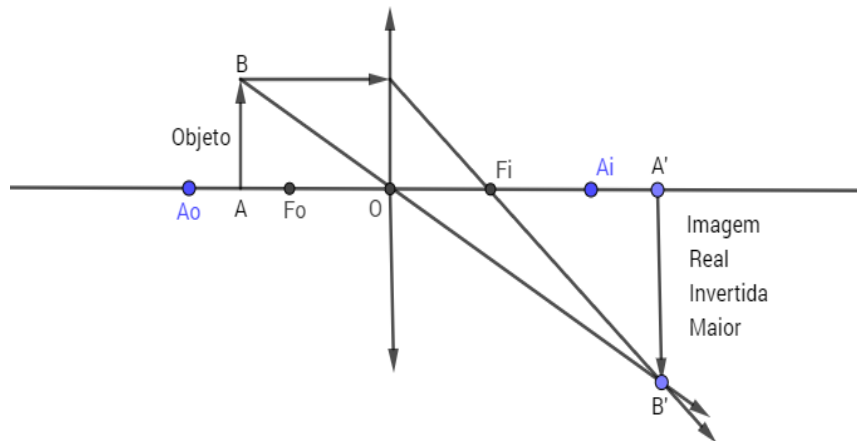


Fonte: Acervo do autor

Quando o objeto se encontra fora da região entre o foco e o vértice, a uma distância duas vezes maior que o foco da lente, a imagem formada é real, invertida e de igual tamanho que a original.

Figura 21 - Objeto está entre  $A_o$  e  $F_o$

Formação da imagem na lente convergente  
Objeto entre  $A_o$  e  $F_o$

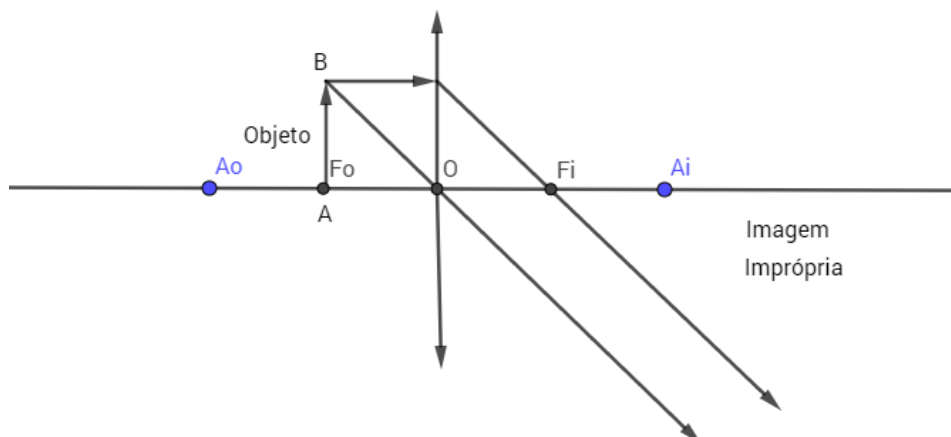


Fonte: Acervo do autor

Neste caso é possível perceber que o objeto se aproximou do foco, porém a distância entre o objeto e a lente é maior que o foco e menor que o dobro do foco onde a imagem passa a ser real, invertida e maior.

Figura 22 - Objeto está sobre o foco

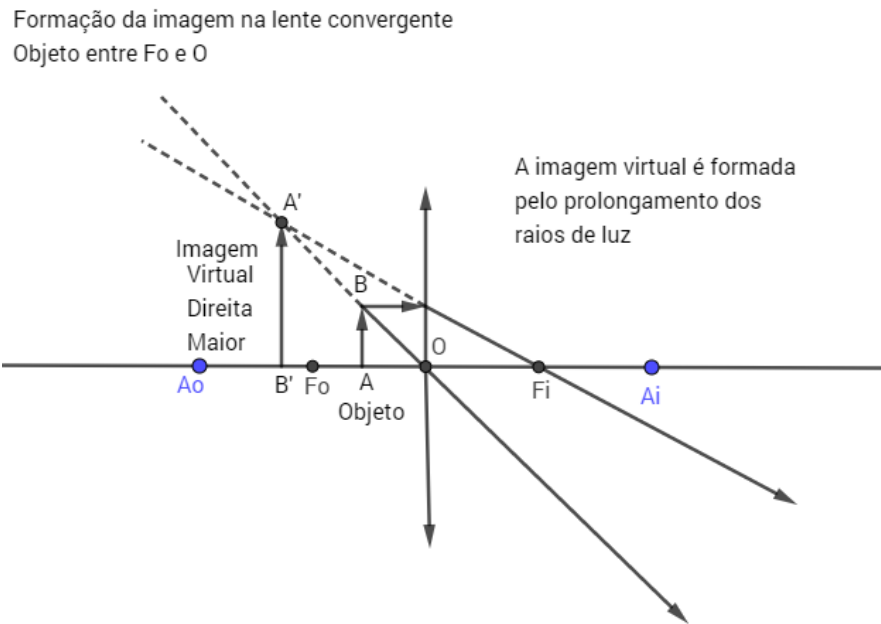
Formação da imagem na lente convergente  
Objeto sobre  $F_o$



Fonte: Acervo do autor

Quando o objeto está sobre o foco é possível perceber que os raios emergentes não se cruzam gerando assim uma imagem imprópria, já que não há intersecção entre os raios de luz que emergem paralelamente entre si. As lentes de faróis e holofotes são aplicações deste caso.

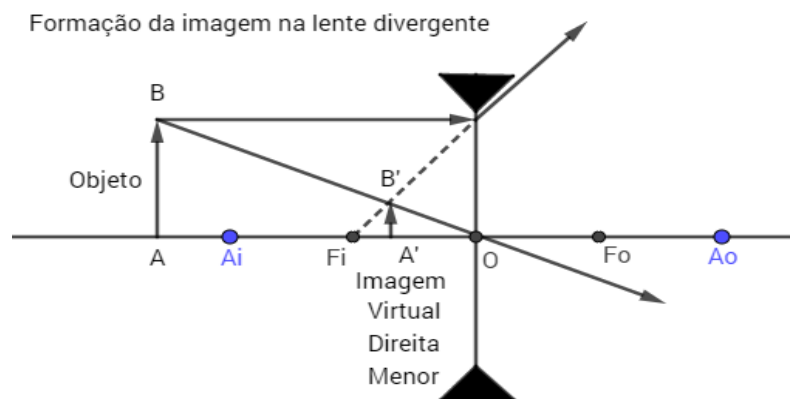
Figura 23 - Objeto está entre o foco e o vértice



Fonte: Acervo do autor

Quando um objeto está entre o foco e o vértice a imagem se forma pelo prolongamento dos raios emergentes sendo virtual, direita e maior. A lupa, o microscópio, o binóculo e o telescópio são aplicações deste caso.

Figura 24 - Objeto em frente a lente divergente



Fonte: acervo do autor

É possível observar na figura 24 que em uma lente divergente, qualquer que seja a posição do objeto em relação a lente, as características da imagem sempre serão: virtual, direita e menor.

### 3.3 Equações fundamentais para o estudo das lentes delgadas.

É possível determinar algumas características da formação das imagens por meio de equações matemáticas. Os símbolos utilizados podem variar de acordo com o nível de ensino e bibliografia então para este trabalho será utilizada a seguinte nomenclatura:

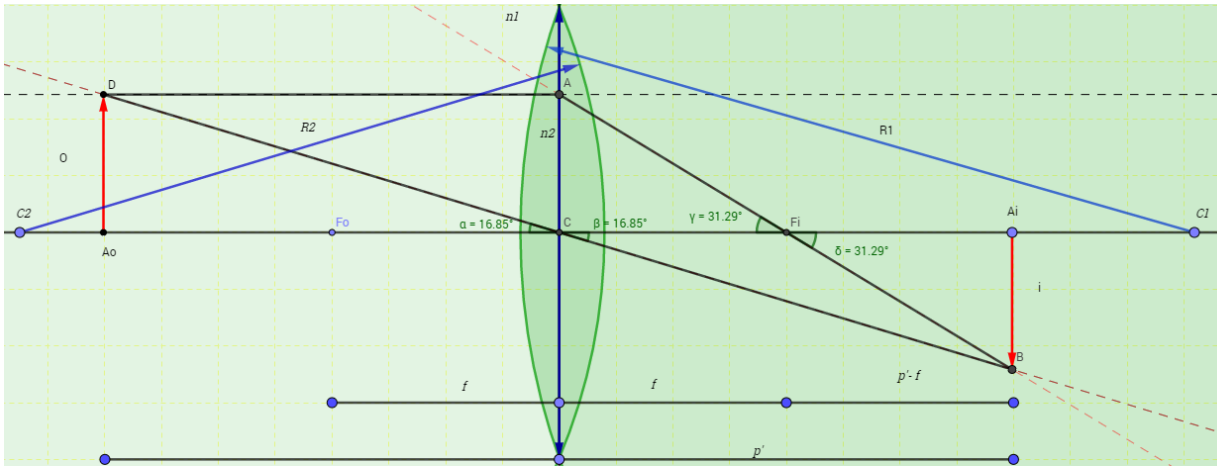
- $p$ : distância entre o objeto e a lente;
- $p'$ : distância entre a imagem e a lente;
- $f$ : distância do foco da lente;
- $F_1$ : primeiro foco da lente;
- $F_2$ : segundo foco da lente;
- $i$ : altura da imagem formada;
- $o$ : altura do objeto;
- $I$ : imagem;
- $O$ : objeto;
- $A$ : aumento linear transversal;
- $C$ : vergência ou convergência da lente;
- $n_1$  e  $n_2$ : índices de refração do meio e da lente respectivamente;
- $R_1$  e  $R_2$ : raios de curvaturas da lente;

Quando falamos em índice de refração precisamos resgatar sua definição que consiste no entendimento de que quando um raio de luz incide obliquamente em um meio transparente, parte deste raio é refletida e parte é transmitida para o outro meio. O raio que penetra no segundo meio experimenta uma mudança de direção que é nomeada refração. A mudança na velocidade da luz é alterada conforme há mudança de meio, e com isso há mudança no comprimento de onda da luz. O índice de refração é uma definição, através da razão entre a velocidade da luz no vácuo e a velocidade da luz no meio considerado, sendo o índice de refração um número adimensional. Cada meio considerado apresenta um índice de refração diferente, já que a velocidade da luz muda de um meio para outro.

Existem algumas regras para os símbolos que serão apresentadas junto com as equações. Quando a lente for convergente  $f > 0$ , se a lente for divergente  $f < 0$ . Se o objeto for real  $p > 0$ , se o objeto for virtual  $p < 0$ . Se a imagem for real  $p' > 0$ , se a imagem for virtual  $p' < 0$ .



Figura 25 - Objeto em frente à lente convergente e destaque dos componentes principais da lente considerada



Fonte: Acervo do autor

Chamamos de  $p$  a distância do objeto até a lente e  $p'$  a distância da imagem até a lente,  $o$  representa a altura do objeto e  $i$  representa a altura da imagem. O raio de luz  $DA$  paralelo ao eixo principal sofre refração e passa por  $Fi$ , já o raio  $DC$  não sofre refração. Os ângulos  $\alpha$  e  $\beta$  na figura 25 são iguais, dessa maneira os triângulos retângulos  $DAoC$  e  $CAiB$  são semelhantes, assim as razões entre seus lados são iguais, obtendo assim a equação do aumento linear transversal (A):

*Equação 1 - Razão entre os lados dos triângulos  $DAoC$  e  $CAiB$*

$$\frac{o}{p} = \frac{-i}{p'}$$

$$\frac{p'}{p} = \frac{-i}{o}$$

$$\frac{i}{o} = \frac{-p'}{p}$$

O sinal negativo representa a imagem invertida. Observando os ângulos  $\gamma$  e  $\delta$  é possível perceber que ambos são iguais, dessa maneira os triângulos  $ACFi$  e  $AiBFi$  também são semelhantes, logo:

*Equação 2 - Razão entre os lados dos triângulos  $ACFi$  e  $AiBFi$*

$$\frac{o}{f} = \frac{-i}{p'-f}$$

$$\frac{i}{o} = -\frac{p'-f}{f}$$

Igualando com a equação 1 temos:

$$\frac{-p'}{p} = -\frac{p'-f}{f}$$

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$$

A equação 2 é chamada de Equação de Gauss. A ampliação transversal pode ser chamada de aumento linear transversal sendo representado da seguinte maneira:

*Equação 3 - Aumento linear transversal*

$$A = \frac{i}{o} = \frac{-p'}{p}$$

As equações 2 e 3 são equações fundamentais para o estudo das lentes delgadas. Quando estudamos as lentes delgadas podemos analisar a convergência de uma lente onde a mesma é inversamente proporcional ao foco da lente podendo ser calculada com a equação 3:

*Equação 4 - Vergência ou convergência*

$$C = \frac{1}{f}$$

A unidade da vergência ou convergência é  $\frac{1}{m} = m^{-1} = \text{dioptria} = \text{di}$ , que também pode ser medida em  $\frac{1}{cm} = cm^{-1}$ .

Deduzindo a equação 3 com mais detalhes é possível chegar a equação dos fabricantes de lentes que leva em consideração os raios de curvatura das faces da lente observados na figura 25 e os índices de refração do meio e do material que a lente é feita:

*Equação 5 - Equação dos fabricantes de lentes*

$$\frac{1}{f} = \left( \frac{n_2}{n_1} - 1 \right) \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

A equação 5 foi desenvolvida pelo astrônomo e matemático inglês Edmond Halley. Caso a face da lente seja côncava  $R < 0$ , caso a face da lente seja convexa  $R > 0$ .

*Equação 6 - Equação dos fabricantes de lentes para uma face plana*

$$\frac{1}{f} = \left( \frac{n_2}{n_1} - 1 \right) \left( \frac{1}{R} \right)$$

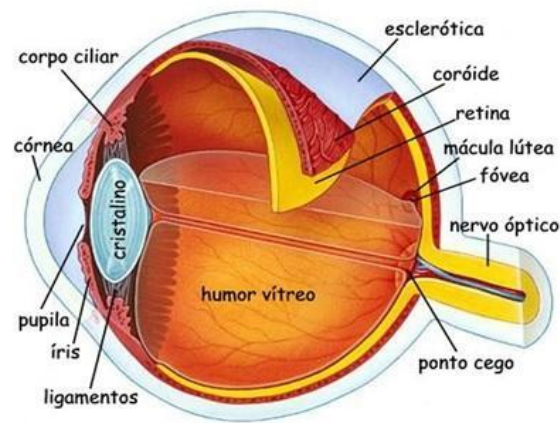
A equação 6 é utilizada quando uma das faces da lente for plana.

### 3.4 Olho humano

Apesar do funcionamento do olho humano ser complexo, podemos promover um ambiente potencialmente significativo utilizando atividades experimentais como um modelo simplificado de máquina fotográfica de câmara escura demonstrando a imagem invertida para facilitar a compreensão de algumas características fundamentais na formação da imagem no interior do olho.

A anatomia de forma quase esférica do olho humano possui diâmetro aproximado de 2,5 cm. Sua parte frontal apresenta uma forma ligeiramente mais curva onde está localizada a córnea, uma membrana dura e transparente. Atrás da córnea existe um líquido chamado humor aquoso seguido do cristalino, uma lente em forma de cápsula com uma gelatina fibrosa que é dura no centro e progressivamente mais macia em suas bordas. O cristalino é sustentado por ligações com o músculo ciliar. Atrás do cristalino, o olho está repleto de um líquido chamado de humor vítreo. Os índices de refração do humor vítreo e do humor aquoso são aproximadamente iguais a 1,336. O índice de refração do cristalino é 1,437. A maior parte da refração da luz que chega ao olho ocorre na superfície externa da córnea.

*Figura 26 - Representação da fisiologia do olho humano em desenho*



Fonte: [todoestudo.com.br/biologia/olhos](http://todoestudo.com.br/biologia/olhos)

A refração da luz na córnea e nas superfícies da lente produz uma imagem real, sobre a retina, do objeto que está sendo observado. A retina é uma membrana sensível à luz situada na superfície interna e traseira do olho que desempenha o mesmo papel que antigamente o filme desempenhava na máquina fotográfica analógica. Na retina os cones e os bastonetes funcionam como fotocélulas que captam a imagem e transmitem os impulsos através do nervo óptico para o cérebro. A visão é mais precisa em uma pequena região central chamada fóvea central, com diâmetro aproximado de 0.25 mm.

A íris, localizada na parte dianteira do cristalino, possui uma pequena abertura de diâmetro variável, chamada pupila. A pupila abre ou fecha para permitir a entrada da luz de acordo com a variação da luminosidade onde os cones e bastonetes da retina também possuem capacidade de adaptação da intensidade da luminosidade.

Para que uma pessoa tenha uma visão nítida do objeto, a imagem deve ser

formada exatamente sobre a retina. Para isso, o olho realiza o processo de acomodação para focalizar objetos de diferentes distâncias. Esse processo consiste no ajuste a diferentes distâncias  $p$  do objeto, variando a distância focal  $f$  de sua lente, já a distância  $p'$  entre a lente e a retina não varia.

Um olho considerado normal focaliza um objeto no infinito quando o músculo ciliar está relaxado. Se o objeto encontra-se próximo, para produzir uma imagem bem focalizada sobre a retina a tensão no músculo ciliar que envolve o cristalino aumenta, o músculo ciliar se contrai e o cristalino fica mais grosso na parte central, reduzindo os raios de curvatura de suas superfícies; logo, a distância focal diminui. Os extremos do intervalo em que a visão nítida é possível são chamados de ponto próximo e ponto distante. O ponto distante de um olho normal se encontra no infinito. A posição do ponto próximo depende da capacidade do músculo ciliar de reduzir o raio de curvatura do cristalino. O intervalo de acomodação diminui gradualmente à medida que a pessoa envelhece, pois o cristalino aumenta durante a vida (para uma idade de 60 anos ele é 50% maior do que aos 20 anos), e os músculos ciliares tornam-se menos capazes de contrair uma lente maior. Por essa razão, a distância do ponto próximo aumenta à medida que a pessoa envelhece. Esse aumento da distância do ponto próximo recebe o nome popular de vista cansada e o nome científico de presbiopia. Por exemplo, uma pessoa com 50 anos não consegue focalizar com nitidez nenhum objeto que esteja a uma distância menor do que cerca de 40 cm.

Os valores da tabela 1 são médias e aproximações, porque seguramente estes valores variam de pessoa a pessoa.

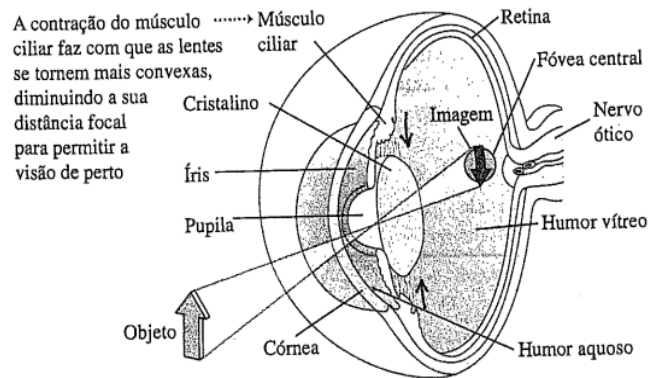
*Tabela 1 Ponto próximo do olho humano segundo a idade*

<b>Idade (anos)</b>	<b>Ponto próximo (cm)</b>
10	7
20	10
30	14
40	22
50	40
60	200

Fonte: Young e Freedman, p. 63

A tabela 1 apresenta as variações dos pontos próximos de um olho de acordo com a idade das pessoas, sendo possível observar como este aumenta proporcionalmente à medida que a idade também aumenta.

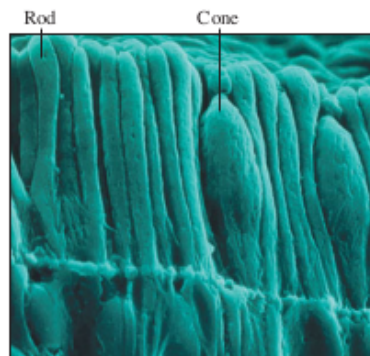
Figura 27 - Diagrama do olho humano



Fonte: Young e Freedman, p. 63

Diante da imagem 27 é possível observar a localização de alguns componentes ópticos essenciais do olho humano além dos visualizados na figura 26. Conhecer os componentes ópticos bem como suas funções é essencial no estudo dos problemas relacionados à visão.

Figura 28 - Cones e bastonetes

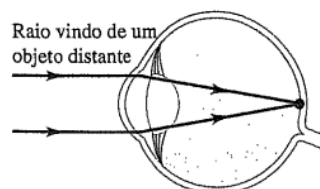


Fonte: Young e Freedman, p. 63

Na figura 28 podemos observar os bastonetes (Rod) que são mais sensíveis à luz e os cones que são sensíveis às diferenças entre as cores. Um olho humano normal típico contém cerca de  $1,3 \times 10^8$  bastonetes e  $7 \times 10^6$  cones.

Um olho humano em condições ideais focaliza a imagem na retina como mostra a figura 29:

Figura 29 - Olho normal



Fonte: Young e Freedman, p. 64

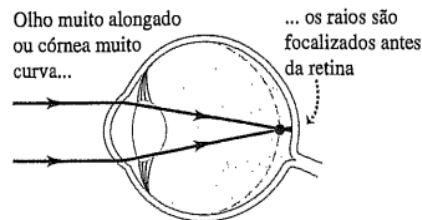
Essa característica representa a formação da imagem em um olho normal, ou seja, sem problemas relacionados à visão quanto ao posicionamento da imagem. Na sequência temos a representação de alguns problemas da visão que serão tratados na aplicação do produto deste trabalho.

### 3.5 Defeitos da visão

A partir de agora vamos estudar defeitos da visão como miopia, hipermetropia e astigmatismo.

A figura 30 apresenta um olho míope onde é possível perceber que a formação da imagem acontece antes da retina. Quando comparado ao olho normal, o olho míope apresenta o globo ocular muito alongado em comparação com o raio de curvatura da córnea (ou a córnea é curva demais), e os raios de luz de um objeto situado no infinito são focalizados antes da retina. Dessa maneira o olho míope produz uma convergência demasiadamente grande dos raios paralelos que passam pela córnea.

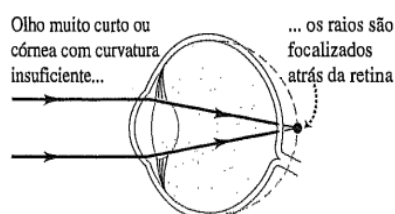
*Figura 30 - Olho míope*



Fonte: Young e Freedman, p. 64

Na figura 31 podemos observar uma representação do olho hipermetrope onde é perceptível que a imagem se forma após a retina. No olho hipermetrope, o globo ocular é muito curto ou a córnea não é suficientemente curva, dessa maneira, os raios de luz de um objeto situado no infinito são focalizados atrás da retina. O olho hipermetrope produz uma convergência insuficiente.

*Figura 31- Olho hipermetrope*



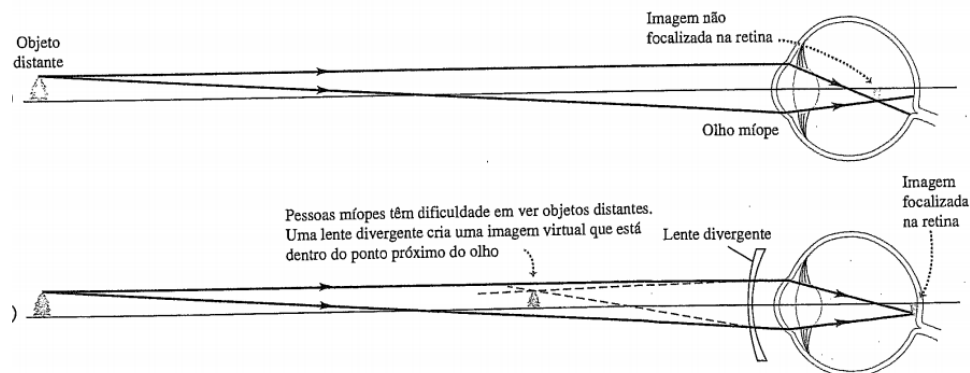
Fonte: Young e Freedman, p. 64

Já o astigmatismo é um tipo de defeito diferente no qual a superfície da córnea não é esférica, mas sim acentuadamente mais curva em um plano do que no outro. Em consequência, as linhas horizontais podem formar imagens em um plano diferente do plano formado pelas linhas verticais. Um exemplo é que o astigmatismo pode tornar impossível a focalização simultânea das barras verticais e horizontais de uma janela.

### 3.6 Correções com uso de lentes

Para cada problema na visão, descrito no item anterior, existe uma possível correção com o uso de lentes comumente comercializadas em forma de óculos ou lentes de contatos, proporcionando uma visão mais nítida do que a visão sem a lente.

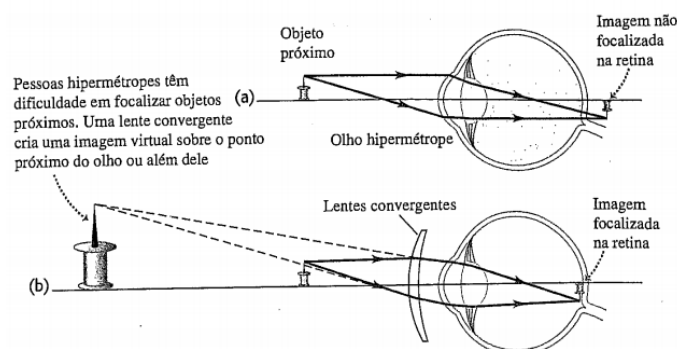
*Figura 32 - Olho míope e correção*



Fonte: Young e Freedman, p. 65

Na figura 32 podemos ver a ilustração de um olho míope. Nesta imagem podemos ver que a imagem se forma antes da retina. Para que a imagem se forme na retina, devemos adicionar uma lente divergente aumentando a distância  $p'$  onde a imagem está sendo formada.

*Figura 33 - Olho hipermetrope e correção*



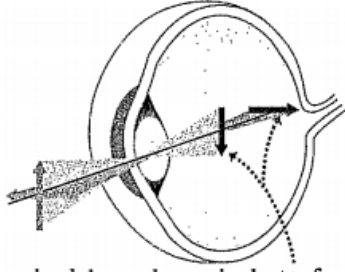
Fonte: Young e Freedman, p. 65

Na figura 33 é possível observar o olho hipermetrope e o local onde a imagem é

formada após a retina, seguido do ajuste do ponto onde a imagem é formada a partir de uma lente convergente que irá diminuir a distância  $p'$  onde a imagem é formada.

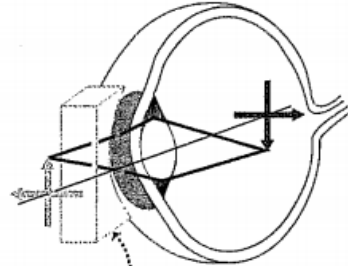
*Figura 34 - Um tipo de astigmatismo*

(a) As imagens de linhas verticais se formam antes da retina.



A forma do globo ocular ou das lentes faz com que os objetos na vertical e na horizontal focalizem-se em distâncias diferentes

(b) Uma lente cilíndrica corrige o astigmatismo.



Esta lente cilíndrica é curva na direção vertical, mas não na horizontal; ela muda a distância focal dos objetos verticais

Fonte: Young e Freedman, p. 66

Na figura 34 é possível observar um tipo de olho astigmático e o modo distorcido que a imagem é formada, seguido do ajuste ideal para este exemplo.



#### 4 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA

De acordo com Moreira (2010), nestes tempos de mudança rápidas e drásticas, a aprendizagem deve ser não só significativa, mas também subversiva. Em seu raciocínio a aprendizagem significativa subversiva é uma estratégia necessária para sobreviver na sociedade contemporânea.

Postman e Weingartner (1969), já afirmam que:

[...] embora devesse preparar o aluno para viver em uma sociedade caracterizada pela mudança, cada vez mais rápida, de conceitos, valores, tecnologias, a escola ainda se ocupa de ensinar conceitos fora de foco, dos quais os mais óbvios eram: (op. Cit. p.217) 1. Conceito de “verdade” absoluta, fixa, imutável, em particular desde uma perspectiva polarizada do tipo boa ou má. 2. O conceito de certeza. Existe sempre uma e somente uma resposta “certa”, e é absolutamente “certa”. 3. O conceito de entidade isolada, ou seja, “A” é simplesmente “A”, e ponto final, de uma vez por todas. 4. O conceito de estados e "coisas"... [...] seria difícil imaginar qualquer tipo de educação menos confiável para preparar os alunos para um futuro drasticamente em transformação, do que aquela que promovesse conceitos e atitudes como esses da lista. Dessa educação, resultam personalidades passivas, aquiescentes, dogmáticas, intolerantes, autoritárias, inflexíveis e conservadoras que resistiriam à mudança para manter intacta a ilusão de certeza.

Portanto, a escola e a ação docente devem evoluir e superar as fragilidades para poder formar sujeitos atuantes no tempo/espço em que vivem. No entanto o que se quer não é abandonar por completo o que já se faz, pelo contrário, o que se busca é aperfeiçoar sob uma nova perspectiva, ou seja, abordar objetos de estudos já presentes nos componentes curriculares de formas diferentes, para que se possa gerar um efeito positivo muitas vezes não diagnosticados anteriormente.

Para isso resgata-se Ausubel (1963, 2000) que a muito já disse: “aprendemos a partir do que já sabemos”, sendo reafirmado mais tarde por Moreira (2010)

sabemos que a aprendizagem significativa caracteriza-se pela interação cognitiva entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio. Nesse processo, que é não literal e não arbitrário, o novo conhecimento adquire significados para o aprendiz e o conhecimento prévio fica mais rico, mais diferenciado, mais elaborado em termos de significados, e adquire mais estabilidade. Sabemos também, que o conhecimento prévio é, isoladamente, a variável que mais influencia a aprendizagem. Em última análise, só podemos aprender a partir daquilo que já conhecemos. David Ausubel já nos chamava atenção para isso em 1963. Hoje, todos reconhecemos que nossa mente é conservadora, aprendemos a partir do que já temos em nossa estrutura cognitiva.

Como dizia ele, já nessa época, se queremos promover a aprendizagem significativa é preciso averiguar esse conhecimento prévio e ensinar de acordo.

Desse modo é preciso conhecer o que o estudante já sabe para se promover de forma facilitadora a aprendizagem significativa do estudante, sem planejar aulas de acordo com o que se “acha” que o estudante sabe. É preciso de fato saber, conhecer e para isso investigar quais conhecimentos o estudante possui para poder planejar e abordar novos saberes.

Moreira (2010) afirma que

na aprendizagem significativa, o aprendiz não é um receptor passivo. Longe disso. Ele deve fazer uso dos significados que já internalizou, de maneira substantiva e não arbitrária, para poder captar os significados dos materiais educativos. Nesse processo, ao mesmo tempo que está progressivamente diferenciando sua estrutura cognitiva, está também fazendo reconciliação integradora de modo a identificar semelhanças e diferenças e reorganizar seus conhecimentos. Quer dizer, o aprendiz constrói seu conhecimento, produz seu conhecimento.

Dessa maneira o estudante não pode receber apenas aulas expositivas e ficar em uma cadeira recebendo informações em todas as aulas com uma ação apenas mecânica e cumpridora de carga horária. Moreira (2010) aponta que a aprendizagem mecânica, na qual novas informações são memorizadas de maneira arbitrária, literal, e não significativa, é bastante estimulada na escola e serve para “passar” nas avaliações, mas tem pouca retenção, não requer compreensão e não dá conta das novas situações. Diante dessa percepção constata-se mais uma vez que se deve romper com o tradicionalismo mecânico composto por sequências de aulas expositivas apresentando as verdades absolutas, seguidas de listas de exercícios.

Segundo Moreira (1998),

A teoria de Ausubel define a aprendizagem mecânica, em contraste com a aprendizagem significativa, como “a aprendizagem de novas informações com pouca ou nenhuma interação com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva”. Logo, nesse caso, o conhecimento fica distribuído de forma arbitrária na estrutura cognitiva, sem relação alguma com subsunçores específicas. O autor destaca, como exemplo, a memorização de fórmulas, leis e conceitos em Física. Segundo ele, é possível argumentar que haverá algum tipo de associação nesse caso, todavia a teoria de Ausubel não coloca as aprendizagens significativas e mecânica como uma dicotomia, mas como um contínuo. Logo, o aluno pode aprender “mais” de forma mecânica do que de forma significativa, ou o contrário.

Isso remete à importância das aulas expositivas, porém para proporcionar uma

aprendizagem que seja significativa e crítica é preciso romper com exclusividade dessa prática com a apresentação de conceitos engessados. Nas entrelinhas está a necessidade da diversidade metodológica na prática pedagógica. Um termo importante apresentado por Moreira (2010, p. 5) é a diferenciação progressiva, que segundo ele:

[...] é o princípio programático segundo o qual as ideias mais gerais e inclusivas da matéria de ensino devem ser apresentadas desde o início da instrução e, progressivamente, diferenciadas em termos de detalhes e especificidades. Não se trata de um enfoque dedutivo, mas sim de uma abordagem na qual o que é mais relevante deve ser introduzido desde o início e, logo em seguida, trabalhado através de exemplos, situações, exercícios. As ideias gerais e inclusivas devem ser retomadas periodicamente favorecendo assim sua progressiva diferenciação. É um princípio compatível com a progressividade da aprendizagem significativa.

Nesse sentido a prática deve ser contextualizada e focada nas ideias mais gerais, sem dar grandes rodeios gerando questionamentos fora de foco por parte dos estudantes, fazendo com que a progressividade deixe de existir. Outro termo importante apresentado por Moreira (2010, p. 5) é a reconciliação integradora, onde:

[...] a programação da matéria de ensino deve não apenas proporcionar a diferenciação progressiva, mas também explorar, explicitamente, relações entre conceitos e proposições, chamar a atenção para diferenças e semelhanças e reconciliar inconsistências reais e aparentes. É nisso que consiste a reconciliação integradora, ou integrativa, como princípio programático de um ensino que visa à aprendizagem significativa.

Diante disso fica explícito a necessidade da contextualização e rompimento com achismos apresentados pelos próprios estudantes durante as discussões realizadas em sala de aula. Moreira (2010, p. 6) apresenta a necessidade de materiais introdutórios, definido por ele como:

[...] organizadores prévios são materiais introdutórios apresentados antes do material de aprendizagem em si mesmo, em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade, para servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que deveria saber para que esse material fosse potencialmente significativo ou, mais importante, para mostrar a relacionalidade e a discriminabilidade entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio.

Neste ponto é apresentada a necessidade de organização por parte do professor de materiais, para leitura por exemplo, a serem apresentados aos estudantes antes do início das discussões sobre o objeto de estudos, sendo este o início da aprendizagem significativa, onde segundo Moreira (2010, p. 7) a

Aprendizagem significativa é aprendizagem com significado compreensão, sentido, capacidade de transferência; oposta à aprendizagem mecânica, puramente memorística, sem significado, sem entendimento; dependente essencialmente do conhecimento prévio do aprendiz, da relevância do novo conhecimento e de sua predisposição para aprender. Essa predisposição implica uma intencionalidade da parte de quem aprende. Esta, por sua vez, depende da relevância que o aprendiz atribui ao novo conhecimento (Rodríguez Palmero et al., 2008, p.28)

A predisposição para aprender e a relevância que o aprendiz atribui estão diretamente ligadas e podem ser influenciadas pelos organizadores prévios supracitados, indicando a necessidade de bom planejamento por parte do professor, possibilitando assim uma aprendizagem significativa crítica, que de acordo com Moreira (2010):

[...] é aquela perspectiva que permite ao sujeito fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela. Trata-se de uma perspectiva antropológica em relação às atividades de seu grupo social que permite ao indivíduo participar de tais atividades mas, ao mesmo tempo, reconhecer quando a realidade está se afastando tanto que não está mais sendo captada pelo grupo. (Moreira 2010, p.7)

Nesse sentido o mesmo autor afirma que:

É através da aprendizagem significativa crítica que o aluno poderá fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, não ser subjugado por ela, por seus ritos, mitos e ideologias. É através dessa aprendizagem que ele poderá lidar construtivamente com a mudança sem deixar-se dominar por ela, manejar a informação sem sentir-se imponente frente a sua grande disponibilidade e velocidade de fluxo, usufruir e desenvolver tecnologia sem tornar-se tecnófilo. Por meio dela, poderá trabalhar com a incerteza, a relatividade, a não-causalidade, a probabilidade, a não-dicotomização das diferenças, com a ideia de que o conhecimento é construção (ou invenção) nossa, que apenas representamos o mundo e nunca captamos diretamente. (Moreira, 2010, p.7)

A facilitação da aprendizagem significativa segue princípios viáveis à aplicação em sala de aula. Alguns deles serão utilizados de forma mais direta no desenvolvimento deste trabalho. O primeiro princípio é:

1. Princípio do conhecimento prévio. [...] para ser crítico de algum conhecimento, de algum conceito, de algum enunciado, primeiramente o sujeito tem que aprendê-lo significativamente e, para isso, seu conhecimento prévio é, isoladamente, a variável mais importante. (Moreira, 2010, p. 8)

Novamente é perceptível a importância da consideração do conhecimento que o estudante traz consigo e utilização do mesmo nas abordagens realizadas em sala de aula, assim: “nesse processo a principal variável a influenciar a construção de novas representações

ou a reformulação das existentes é o conjunto de representações prévias”. (Moreira, 2010, p. 8).

O segundo princípio é considerado um dos mais relevantes na elaboração deste trabalho:

2. Princípio da interação social e do questionamento. Ensinar/aprender perguntas ao invés de respostas. A interação social é indispensável para a concretização de um episódio de ensino. (Moreira, 2010, p. 9)

Este princípio está diretamente ligado à curiosidade que deve ser despertada no estudante, como já mencionado, essencial para o desenvolvimento da aprendizagem significativa. Outro fator importante é a interação social remetendo a necessidade de trabalhos e atividades desenvolvidas em grupo rompendo com o individualismo, proporcionando aos estudantes a troca de informações e formulação de hipóteses a partir das discussões desenvolvidas no grupo solidificando o processo de aprendizagem fazendo com que os próprios estudantes desenvolvam seus questionamentos e busquem suas respostas. Isso é reforçado por Moreira que afirma que:

Um ensino baseado em respostas transmitidas primeiro do professor para o aluno nas aulas e, depois, do aluno para o professor nas provas, não é crítico e tende a gerar aprendizagem não crítica, em geral mecânica. (Moreira, 2010, p. 9)

A curiosidade vem das perguntas sem respostas e na busca por essas então:

O que mais pode um professor fazer por seus alunos do que ensinar-lhes a perguntar, se está aí a fonte do conhecimento humano? Quando o aluno formula uma pergunta relevante, apropriada e substantiva, ele utiliza seu conhecimento prévio de maneira não-arbitrária e não literal, e isso é evidência de aprendizagem significativa. Quando aprende a formular esse tipo de questões sistematicamente, a evidência é de aprendizagem significativa crítica. Uma aprendizagem libertadora, crítica, detectora de bobagens, idiotices, enganações, irrelevâncias. (Moreira, 2010, p. 9)

É possível perceber que o grande desafio do professor enquanto facilitador é ensinar o estudante a formular questionamentos pertinentes e relacionados de forma relevante àquilo que ele já conhece. Aqui está a resposta ao grande desafio de desenvolver a curiosidade no estudante tão desestimulado ao aprendizado. O estudante gosta de vir para a escola, pois ali está a interação social que tanto o atrai, no entanto em sala de aula esta interação é podada, dando espaço ao individualismo e ao tradicionalismo, desmotivando o mesmo. Moreira apresenta a solução para esta difícil realidade.

O terceiro princípio é:

3. Princípio da não centralidade do livro texto. Do uso de documentos, artigos e outros materiais educativos. Da diversidade de materiais instrucionais. O livro de texto simboliza aquela autoridade de onde “emana” o conhecimento. Professores e alunos se apóiam em demasia no livro texto. [...] Artigos científicos, contos, poesias, crônicas, relatos, obras de arte e tantos outros materiais representam muito melhor a produção do conhecimento humano. São maneiras de documentar de maneira compacta o conhecimento produzido. Descompactá-lo para fins instrucionais implica questionamentos. (Moreira, 2010, p. 10)

Este é um princípio de grande relevância, pois é o ponto de partida para que o estudante perceba que o estudo deve levar em consideração várias referências e abordagens, dando início ao desenvolvimento de seu olhar científico. Romper com a centralidade do livro texto requer mais uma vez planejamento adequando por parte do professor. Onde

A utilização de materiais diversificados, e cuidadosamente selecionados, ao invés de “centralização” em livros de texto é também um princípio facilitador da aprendizagem significativa crítica. [...] Aqui estou defendendo a diversidade de materiais instrucionais em substituição ao livro texto, tão estimulador da aprendizagem mecânica, tão transmissor de verdades, certezas, entidades isoladas (em capítulos!), tão “seguro” para professores e alunos. Não se trata, propriamente, de banir da escola o livro didático, mas de considerá-lo apenas um dentre vários materiais educativos. Seguramente, há bons livros didáticos em qualquer disciplina, mas adotar um único como livro de texto, vai contra a facilitação da aprendizagem significativa crítica. É uma prática docente deformadora, ao invés de formadora, tanto para alunos como para professores. (Moreira, 2010, p. 10)

A centralidade do livro texto é resultado do comodismo ou insegurança por parte do professor, que deve romper com essa funcionalidade deformadora de estudantes.

O quarto princípio é:

4. Princípio do aprendiz como perceptor/representador. Muitas práticas escolares têm sido criticadas por considerarem os alunos como receptores da matéria de ensino. [...] A questão é que o aprendiz é um perceptor/representador, i.e. ele percebe o mundo e o representa. Quer dizer, tudo que o aluno recebe ele percebe. Portanto, a discussão sobre a recepção é inócua, o importante é a percepção. E o que se percebe é, em grande parte, função de percepções prévias. (Moreira, 2010, p. 10)

Este princípio aponta com veemência que o professor não é o detentor do saber e nem ao menos pode transferir o que sabe para o estudante. Outro ponto importante é a importância das percepções prévias que o estudante já fez, para que a partir dessas forme novas percepções. Nesse sentido (Postman e Weingartner, 1969, p. 90), afirmam que “a

capacidade de aprender poderia ser interpretada como a capacidade de abandonar percepções inadequadas e desenvolver novas e mais funcionais.”. Segundo Moreira (2010):

Vemos as coisas não como elas são, mas como nós somos. Sempre que dissermos que uma coisa “é”, ela não é. Em termos de ensino, isso significa que o professor estará sempre lidando com as percepções dos alunos em um dado momento. Mais ainda, como as percepções dos alunos vêm de suas percepções prévias, as quais são únicas, cada um deles perceberá de maneira única o que lhe for ensinado. Acrescente-se a isso o fato que o professor é também um perceptor e o que ensina é fruto de suas percepções. Quer dizer, a comunicação só será possível na medida em que dois perceptores, professor e aluno no caso, buscarem perceber de maneira semelhante os materiais educativos do currículo. Isso nos corrobora a importância da interação pessoal e do questionamento na facilitação da aprendizagem significativa. (Moreira, 2010, p. 11)

É possível perceber que não há mais espaço para aulas em que o professor dita verdades e os alunos as decoram, bem como as aulas devem ser interativas entre professor e aluno e alunos e alunos, em que em ambos os casos construirão novas percepções. Isso nos explica:

[...] de maneira gritante, a inutilidade de ensinar respostas certas, absolutas, dicotomias, simetrias, localizações exatas, se o que queremos promover é a aprendizagem significativa crítica que pode ser entendida aqui como a capacidade de perceber a relatividade das respostas e das verdades, as diferenças difusas, as probabilidades dos estados, a complexidade das causas, a informação desnecessária, o comunismo, a tecnologia e a tecnofilia. A aprendizagem significativa crítica implica a percepção crítica e só pode ser facilitada se o aluno for, de fato, tratado como um perceptor do mundo e, portanto, do que lhe for ensinado, e a partir daí um representador do mundo e do que lhe ensinamos. (Moreira, 2010, p. 11)

Perceber de fato como deve ser a aprendizagem traz muitos desafios ao professor, porém o liberta de muitas ações sem sentido e que aprisionam seu tempo em burocracias inúteis, dando espaço ao planejamento consciente e focalizado na aprendizagem significativa crítica.

O quinto princípio é:

5. Princípio da desaprendizagem. Este princípio é importante para a aprendizagem significativa crítica por duas razões. A primeira delas tem a ver com a aprendizagem significativa subordinada. Nesse processo, como já foi dito, o novo conhecimento interage com o conhecimento prévio e, de certa forma, ancora-se nele. É através dessa interação que o significado lógico dos materiais educativos se transforma em significado psicológico para o aprendiz. [...] A segunda razão

pela qual é importante aprender a desaprender está relacionada com a sobrevivência em um ambiente que está em permanente e rápida transformação. Quando o ambiente é estável, ou muda muito lentamente, a sobrevivência depende fundamentalmente da aprendizagem de estratégias e conceitos desenvolvidos no passado. A missão da escola nesse caso é a de transmitir e conservar tais estratégias e conceitos. No entanto, quando o meio está em constante, profunda e rápida transformação, ocorre o inverso: a sobrevivência depende crucialmente de ser capaz de identificar quais dos velhos conceitos e estratégias são relevantes às novas demandas impostas por novos desafios à sobrevivência e quais não são. (Moreira, 2010, p. 15)

Conhecer o que o estudante traz consigo é fundamental, para que o professor possa utilizar o embasamento do estudante e conduzir o mesmo à ressignificação dos pensamentos bem como proporcionar o esclarecimento diante das mudanças eminentes no meio em que o estudante está inserido.

O sexto princípio é:

6. Princípio da não utilização do quadro-de-giz. Da participação ativa do aluno. Da diversidade de estratégia de ensino. O uso de distintas estratégias instrucionais que impliquem participação ativa do estudante e, de fato, promovam um ensino centralizado no aluno é fundamental para facilitar a aprendizagem significativa crítica. Não é preciso buscar estratégias sofisticadas. A não utilização do quadro-de-giz leva naturalmente ao uso de atividades colaborativas, seminários, projetos, pesquisas, discussões, painéis, enfim, a diversas estratégias, as quais devem ter subjacentes os demais tópicos. Na verdade, o uso dessas estratégias de ensino facilita tanto a implementação dos demais princípios em sala de aula como a atividade mediadora do professor. (Moreira, 2010, p. 18)

O sexto princípio é um grande aliado à proposta de sequencia didática apresentada nesse trabalho no que se refere a variedade de estratégias durante o estudo do objeto de estudo proposto. O sexto principio se conecta diretamente com o sétimo princípio onde o estudante ao realizar as atividades diferenciadas precisa falar e interagir com o colega de forma frequente.

O sétimo princípio é:

7. Princípio do abandono da narrativa. De deixar o aluno falar. Por que não deixar que o aluno interprete o que está nos livros e externalize sua interpretação aos colegas e ao professor? Este poderia ouvir calado as interpretações e negociações de significados entre os alunos e intervir quando apropriado trazendo à discussão os significados aceitos naquele tempo e no contexto da matéria de ensino, deixando claro que poderão mudar e que podem haver interpretações alternativas.



Até mesmo contraditórias para determinados conhecimentos. O importante é não transmitir a ilusão de certeza, sem cair na indiferença relativista, no tudo vale. (Moreira, 2010, p. 18)

Dentre todos os princípios apontados por Moreira é preciso deixar claro que alguns aparecem de forma mais explícita na abordagem proposta por esse trabalho, porém todos estão de alguma forma ligados, proporcionando uma maior clareza quanto à prática pedagógica e suas competências deixando o professor mais a vontade e confiante no momento de planejamento e execução de suas aulas.

#### **4.1 O planejamento de aulas segundo uma abordagem Moreiriana**

O grande desafio desse trabalho é planejar e aplicar uma proposta de sequência didática potencialmente significativa que crie um ambiente propício a existência de uma aprendizagem significativa crítica. Dessa maneira conhecer a teoria da aprendizagem significativa crítica de Moreira foi de fundamental importância. Outra ação fundamental foi o diagnóstico dos anseios dos estudantes e da realidade vivenciada por eles expostas na pesquisa aplicada durante a realização deste trabalho.

Dessa maneira, conhecendo o estudante, sua realidade e quais princípios facilitadores devem ser levados em consideração para planejar uma sequência didática que proporcione a aprendizagem significativa crítica passa a ser uma possibilidade viável para qualquer objeto de estudo que se queira trabalhar.

Para a elaboração dos planos de aula de óptica geométrica com o estudo das lentes esféricas e problemas da visão no olho humano foram considerados os princípios do conhecimento prévio, da interação social e do questionamento, da não centralidade do livro texto, do aluno como perceptor, o princípio da desaprendizagem, da não utilização do quadro de giz e do abandono da narrativa de forma um pouco mais intensa que os demais princípios.

## 5 METODOLOGIA

Para conhecer a perspectiva do estudante e quanto às aulas de física que o mesmo vivencia e quais seus anseios na disciplina de física foi aplicado um questionário com cinco perguntas. A seguir temos a análise do questionário.

### **5.1 Análise do questionário aplicado com os alunos de ensino médio da rede pública de ensino.**

O questionário foi respondido por 90 estudantes do ensino médio da Escola de Educação Básica Fridolino Hulse, localizada na rua Fridolino Hulse, nº 83, centro do município de São Martinho, SC. Os dados do município apresentados abaixo se encontram disponíveis no projeto político pedagógico da escola

São Martinho é um município de economia diversificada fundamentada na agricultura, pecuária, avicultura, suinocultura, piscicultura, indústria, comércio e artesanato. São Martinho conta ainda com a existência de pontos turísticos muito valiosos e belas pousadas. Salienta-se o turismo, considerado a confluência de grande número de visitantes não somente do nosso Estado, mas de todo o país, bem como de outros países. O turismo também tem características religiosas, incentivado pela Beatificação da Serva Albertina da comunidade de São Luís, nos limites do município. (PPP, p. 12, 2020)

A comunidade escolar se caracteriza como:

[...] sendo de colonização alemã, predominam aqui descendentes germânicos. A maioria dos alunos atendidos na EEB Fridolino Hulse são filhos de agricultores e os demais estão distribuídos entre filhos de servidores públicos, operários de madeireiras, fábricas de artesanatos, pousadas, comércio em geral e estabelecimentos turísticos. A taxa de desemprego no município é baixa. A maioria dos pais é alfabetizada, porém muitos deles possuem somente ensino fundamental e médio incompletos. Poucos possuem ensino superior completo. As famílias são bem participativas e sempre envolvidas nos projetos de melhorias para a escola. (PPP, p. 13, 2020)

Os estudantes têm entre 15 e 30 anos de idade frequentando o ensino médio regular, com duas aulas de física por semana totalizando 90 minutos no período diurno e 80 minutos no período noturno (82 alunos) e ensino médio inovador, com três aulas de física por semana totalizando 135 minutos, no período diurno (8 alunos).

O questionário foi aplicado em forma de formulário do google acessado pelo link <https://forms.gle/fWGSqUvx942tk5rM7>, no dia 26 de maio de 2020. Essa estratégia foi adotada devido à situação de isolamento social vivenciada devido a pandemia provocada pelo COVID-19.

A aplicação do questionário tem como foco principal a averiguação da concepção apresentada pelo estudante em relação à utilidade e importância da física, bem como sua realidade e expectativas para as aulas de física. Esta investigação proporcionou a elaboração de um diagnóstico que deu suporte ao planejamento e execução das ações do produto educacional deste trabalho dissertativo. A seguir estão apresentadas as análises das respostas dos 90 estudantes.

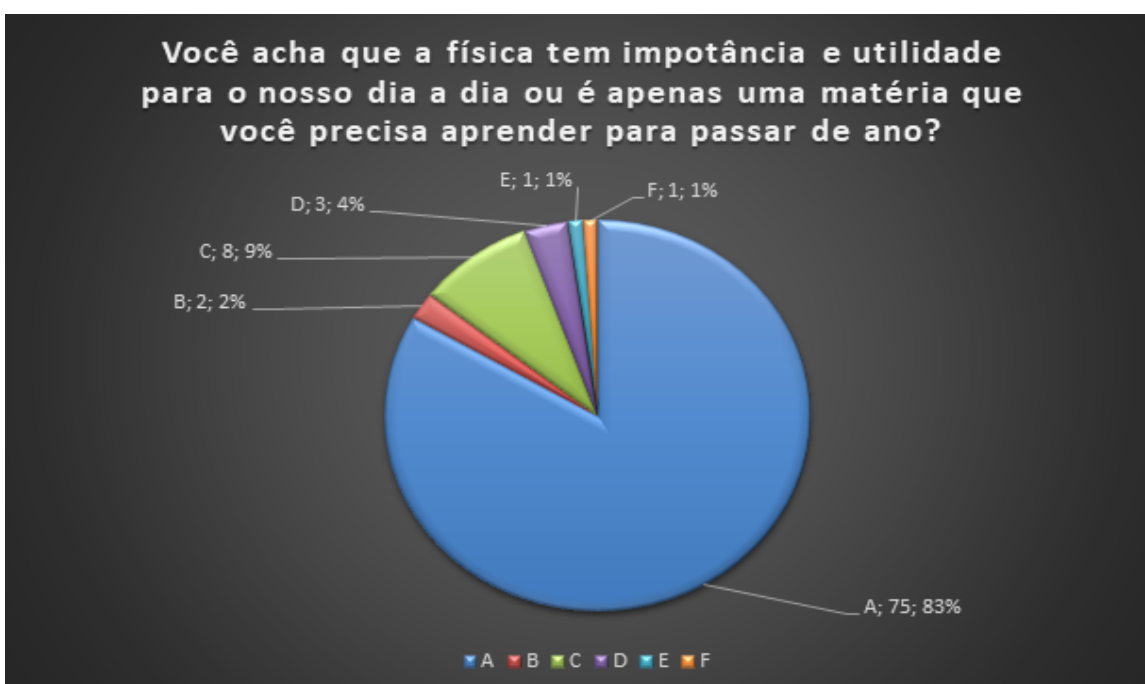
**Questão 1. Você acha que a física tem importância e utilidade para o nosso dia a dia ou é apenas uma matéria que você precisa aprender para passar de ano?**

- A. Acho que tem grande importância e é fundamental para o desenvolvimento da humanidade.
- B. Acho que não tem nada a ver com meu cotidiano e não serve para muita coisa.
- C. Acho que pode ser importante, mas não sei para quê serve.
- D. Não sei para o que ela serve, mas gostaria de saber.

Outros:

- E. Eu sei que a matéria é bem importante para o desenvolvimento de tudo, mas às vezes me vejo com dificuldade de aprender.
- F. Acho que é importante para o nosso futuro, vamos precisar um dia em algum trabalho que vamos frequentar.

Figura 35: Gráfico das respostas da primeira pergunta do questionário



Fonte: acervo do autor

A partir das respostas apresentadas é perceptível que os estudantes de maneira geral, têm consciência de que a física é uma disciplina importante. Apenas 8,9 % dos estudantes entrevistados reconhecem não saber para o que a física é útil. Considerando que 2,2 % dos estudantes acreditam que a física não tem utilidade, é possível perceber um cenário de consciência elevada em relação a reconhecer a utilidade da física para a humanidade.

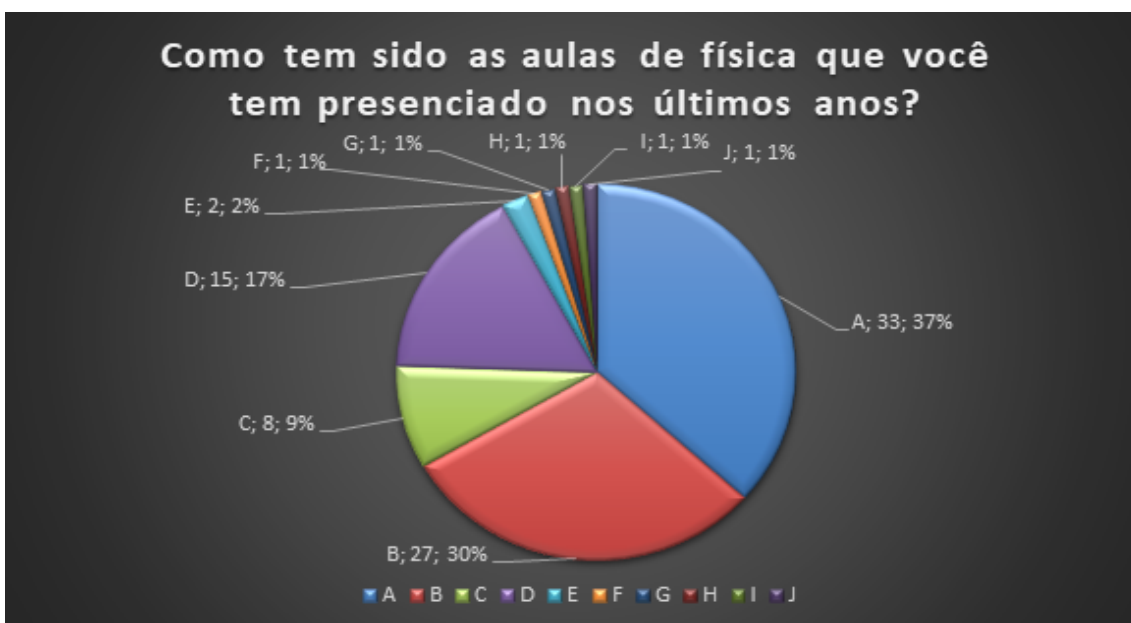
**Questão 2. Como tem sido as aulas de física que você tem presenciado nos últimos anos?**

- A. Apenas com explicação, resolução de exercícios, seguido de prova ou trabalho.
- B. Com explicação com uso de vídeos e experimentos eventualmente, seguido de resolução de exercícios prova ou trabalho.
- C. Com explicação com uso de vídeos e experimentos rotineiramente, seguido de resolução de exercícios, prova ou trabalho.
- D. Às vezes é de forma diferenciada, nunca sabemos como vai começar a abordagem de um novo assunto.
- E. Sempre é de forma diferenciada da abordagem anterior, deixando de lado a repetição na maioria das vezes.

Outros :

- F. Todas as vezes começa com explicação de conteúdo, exercício e trabalho, as provas são eventualmente, apenas uma vez ao passado teve aula prática, mas este ano não fizemos nenhuma aula prática, até por conta do tempo que tivemos presencialmente, mas creio que mesmo assim não iríamos ter alguma prática esse ano.
- G. Não tive muita aula de Física, mas é um assunto muito bom.
- H. Depende dos anos, foram diferentes.
- I. Faz tempo que não estudo mais de 18 anos para ser mais preciso, então para mim escolher uma das alternativas seria não responder ela com sinceridade, mas acredito que para entendermos melhor seria bom aprender para prática como a física atua em nosso cotidiano pois ela está no nosso dia a dia a gente queira ou não.
- J. Este é o meu primeiro ano com aulas de Física, então está sendo meio difícil compreender os conteúdos solicitados.

Figura 36: Gráfico das respostas da segunda pergunta do questionário



Fonte: acervo do autor

Diante das respostas apresentadas 33,37 % dos estudantes afirmam participar de aulas expositivas, seguidas de listas de exercícios provas ou trabalhos; 27,3 % dos estudantes afirmam ter explicações com uso de vídeos ou experimentos de forma eventual; 15,17 % alegam nunca saber como as aulas irão começar mostrando indícios de que um caminho à novas metodologias está sendo trilhado, mesmo que no início; ainda 8,9% e dos estudantes afirmam as aulas compõem de forma rotineira o uso de vídeos e experimentos cabendo aqui ressaltar que esta dinâmica vivenciada pela minoria dos estudantes se trata do ensino médio inovador composto por 8 estudantes no município.

A partir da análise destes dados fica evidente que a maioria das aulas vivenciadas pelos estudantes nos últimos anos é de forma tradicional, com eventual uso de experimentação, reafirmando a realidade apresentada na introdução deste trabalho a partir dos registros do professor titular nos diários de classe.

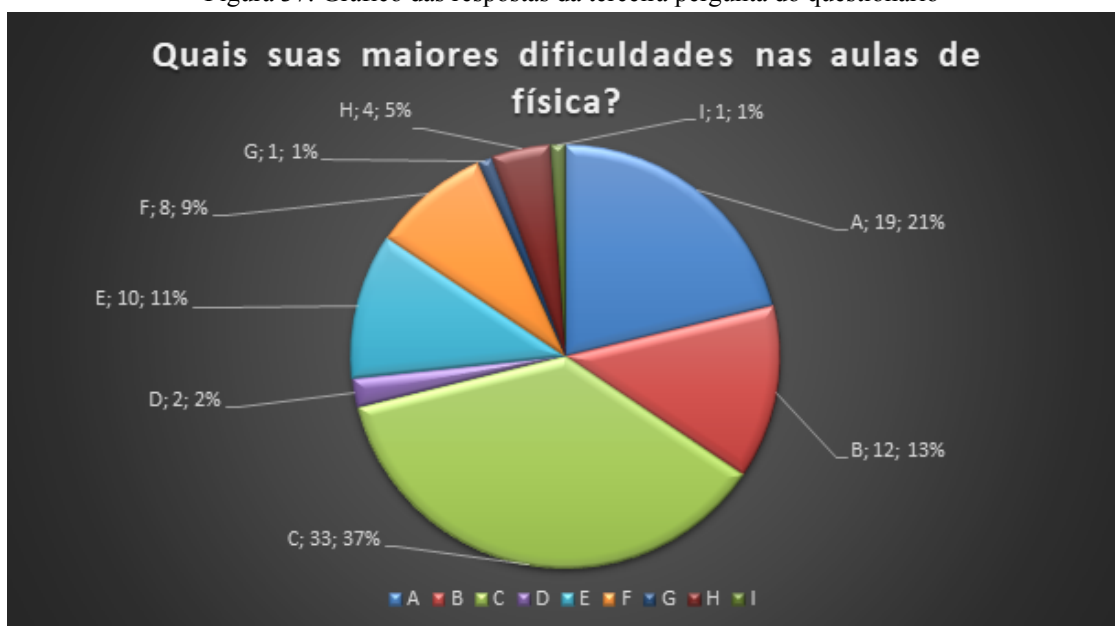
### **Questão 3. Quais suas maiores dificuldades nas aulas de física?**

- A. Compreendo a teoria, mas não consigo resolver muito bem os exercícios.
- B. Resolução dos exercícios no momento de resolver os cálculos.
- C. Resolução dos exercícios no momento de interpretar os dados.
- D. Na compreensão dos significados e utilidade dos conceitos.
- E. Não apresento dificuldades.
- F. Não compreendo a teoria mas vou bem na resolução dos exercícios.
- G. Entendo a teoria depois de praticar.

Outros:

H. Entendo bem os conteúdos e faço os exercícios sem problemas, minha dificuldade é quando o assunto é trabalhado por muito tempo sem ser necessário ou sem se aprofundar mais no assunto, por exemplo ficar por 30 aulas falando apenas de termômetro e temperatura básicos, isso desgasta e torna o conteúdo muito chato, quanto na verdade em no máximo 5 aulas tudo que vimos em 30 aulas poderia ser feito, e também quando são propostos atividade nada a ver com o conteúdo, como por exemplo, pegue revistas e recorte todas as vezes que a palavra física aparece e entregue, não consigo fazer esse tipo de trabalho pois sei que não irá agregar em nada o meu conhecimento.

Figura 37: Gráfico das respostas da terceira pergunta do questionário



Fonte: acervo do autor

Interpretar os dados dos exercícios é a maior dificuldade de 33,37 % dos estudantes seguida da dificuldade de resolver os exercícios de 19,21 % dos estudantes. 12,13% dos estudantes têm sua maior dificuldade no momento de resolver os exercícios, relacionado neste momento à execução de cálculos matemáticos; Apenas 10,13 % dos estudantes reconhecem não ter dificuldade em resolver os exercícios de física; Ainda existem 8,9 % dos estudantes que afirmam ter facilidade em resolver os exercícios, porém apresentam dificuldades em entender a parte teórica da física.

Fica evidente a falta de clareza por parte do estudante quanto aos objetos de estudos tratados na disciplina de física que se concentra no âmbito da interpretação dos dados, seguido de dificuldades matemáticas. Deste modo é possível perceber que grande parte dos estudantes tem dificuldades na resolução dos exercícios, principalmente na interpretação dos dados e compreensão da teoria. Parte dos estudantes tem dificuldade com cálculos. Há ainda estudantes que alegam compreender bem os objetos de estudos, deixando claro a diversidade existente na sala de aula, isso remete às múltiplas inteligências e aponta para a necessidade de diversidade metodológica a fim de atingir maior sucesso na aprendizagem dos estudantes.

**Questão 4. O que você gostaria que mudasse nas aulas de física para que ela possa se tornar mais atrativa?**

Essa questão era dissertativa e apesar das respostas serem diferentes podemos perceber algumas características em comum. O anseio de maior frequência apresentado neste questionamento é a existência de mais aulas práticas, seguido de deixar de ser repetitivo e maçante, fazendo com que o estudante se canse e elimine qualquer ânimo para o aprendizado.

Vale deixar claro que o que se quer demonstrar é que as aulas devem ser diversificadas no âmbito metodológico, ou seja, não se está eliminando a eficácia das aulas expositivas e dialogadas seguidas de produção de exercícios no caderno já que essas aulas são eficientes para promover ao estudante a base teórica para determinados conteúdos.

**Questão 5. Quais assuntos ou temas você gostaria de aprender nas aulas de física?**

Essa também era uma questão dissertativa. Alguns estudantes, por não terem conhecimento de onde a Física se insere, responderam que não sabem o que querem aprender. Outros responderam temas clássicos, como aceleração, ondas, óptica, radiação, mecânica, etc ... Alguns demonstraram interesse em assuntos como relatividade, astronomia, física médica, física do cotidiano ...

Analisar a visão do estudante possibilita conhecê-lo e construir um diagnóstico de seu nível de aprendizagem. Tomar essa análise como ponto inicial das aulas pode ser uma estratégia de grande relevância na construção do planejamento subsequente que visa promover a aprendizagem significativa e crítica. A partir do momento que o professor reconhece o ambiente ao qual o estudante pertence ele pode analisar melhor suas estratégias e promover estratégias e ações que possibilitem o desenvolvimento do processo de ensino aprendizagem de maneira entrosada com resultados satisfatórios ao nível de ensino do indivíduo.

Vale ressaltar que o questionário aplicado neste trabalho pode ser adaptado a

diferentes realidades e níveis de ensino de qualquer disciplina que faz parte do currículo escolar de determinado nível de ensino a fim de promover o reconhecimento do ambiente escolar e intelectual ao qual o estudante daquela localidade ou instituição de ensino se enquadra.

Na próxima seção são expostos os métodos utilizados para a construção do produto educacional, sua aplicação em sala de aula e as análises utilizadas para verificar a aplicabilidade do mesmo.

## **5.2 A MONTAGEM DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA**

Neste item apresento um breve relato da montagem da sequência didática com materiais utilizados seguida de relato de sua aplicação no capítulo 5.

### **5.2.1 Materiais Utilizados**

Para a elaboração e aplicação da proposta de sequência didática apresentada neste trabalho foram necessários os seguintes materiais:

- Lata de alumínio;
- Papel vegetal;
- Tinta spray preta;
- EVA ou papel cartão preto;
- Massinha de modelar colorida;
- Laser de três pontas;
- Conjunto de 6 lentes;
- Folha sulfite;
- Régua;
- Lápis de cor;
- Canetinha colorida;
- Cartolina.

O custo mais elevado está no laser de três pontas que custou, aproximadamente, R\$ 120,00 e o conjunto de 6 lentes que custou, aproximadamente, R\$ 100,00. O restante do material está presente na lista de materiais escolares ou se trata de reaproveitamento de sucata,



como é o caso da lata de alumínio.

### **5.3 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL**

As aulas segundo a abordagem proposta foram ministradas em duas turmas – totalizando 31 alunos participantes - 22 alunos do sexto ano do ensino fundamental e 9 alunos do terceiro ano do ensino médio da educação básica de ensino públicos da Escola de Educação Básica Fridolino Hulse, do município de São Martinho de Santa Catarina, em junho e julho de 2021.

No ensino médio foram utilizadas 23 aulas de 45 minutos cada uma entre os dias 28 de junho até 08 de julho de 2021. No ensino fundamental foram utilizadas 20 aulas de 45 minutos cada uma entre os dias 02 de julho até 20 de julho. No ensino fundamental o produto teve que ser aplicado duas vezes na mesma turma já que a mesma se encontra na modalidade híbrida : tempo casa (atividades desenvolvidas em casa no período de uma semana) e tempo escola (atividades desenvolvidas na semana subsequente ao tempo casa na escola), que faz parte do escalonamento determinado no PLANO DE CONTINGÊNCIA existente na escola em virtude da situação pandêmica. Isso quer dizer que em condições normais a aplicação no ensino fundamental utilizaria apenas 10 aulas.

### **5.4 PLANEJAMENTO DAS AULAS**

De início, o presente trabalho foi planejado para propor uma estratégia e metodologia aplicáveis em sala de aula de acordo com a realidade encontrada na rede pública de ensino básico, visando melhorar a qualidade do ensino de ciências da natureza, especificamente da física, proporcionando uma aprendizagem significativa crítica.

O conteúdo de óptica geométrica no ensino fundamental é tratado apresentando o sentido da visão com a morfologia e anatomia do olho humano seguido de características fundamentais da visão e principais problemas da visão promovendo a construção de base teórica fundamental à retomada desse estudo no ensino médio.

No ensino médio este objeto de estudo é normalmente tratado durante todo um trimestre/bimestre de forma teórica com aplicação de listas de exercícios seguidas de prova ou

trabalho semelhantes às listas.

Partindo dessa realidade, a aula foi planejada para que todas as etapas pudessem ser cumpridas em aulas de 45 minutos, no sexto ano totalizando 10 aulas e no ensino médio totalizando 20 aulas utilizando estratégias diversificadas, fugindo da centralidade do livro texto, indo ao encontro aos princípios da Teoria da aprendizagem significativa crítica de Moreira, sendo a motivação principal proporcionar situações propícias à construção da aprendizagem significativa crítica.

Para a elaboração da sequência didática foi preciso pensar nos seguintes itens:

- **Definição do conteúdo da aula;**
- **Estudo da base teórica necessária à produção deste trabalho;**
- **Elaboração e aplicação de pesquisa sobre a realidade das aulas de física na escola onde o produto será aplicado;**
- **Elaboração dos experimentos e moldes para aplicação;**
- **Determinação dos aspectos mais relevantes do conteúdo e dos organizadores prévios;**
- **Sequenciação do conteúdo curricular;**
- **Os conceitos necessários para alcançar os objetivos de aprendizagem da sequência didática;**
- **Avaliação de aprendizagem visando um processo contínuo no percurso formativo;**
- **Estratégia e recursos a serem utilizados;**
- **Montagem do plano de aula;**
- **Revisão e análise da viabilidade da aplicação;**
- **Aplicação e relato;**
- **Considerações finais.**

A abordagem completa em forma de plano de aula está disponível no Apêndice A para o ensino médio, seguida de material para o aluno no Apêndice B e sugestão de questões para atividade avaliativa no Apêndice C. Para o sexto ano o plano de aula encontra-se no Apêndice E, seguido de sugestão de questões para atividade avaliativa no Apêndice F. Os materiais disponíveis nos apêndices podem ser aplicados no formato em que se encontram,

porém podem ser submetidos de acordo com a realidade apresentada no momento de sua utilização.

## **5.5 RELATO DA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL**

Na sequência apresento o relato da aplicação da proposta de sequência didática para o ensino médio e para o ensino fundamental com registros das produções dos estudantes.

### **5.5.1 APLICAÇÃO NO ENSINO MÉDIO**

A aplicação teve início no dia 28 de junho com finalização no dia 08 de julho totalizando 23 horas/ aula de 45 minutos cada uma. As aulas foram realizadas em diversas disciplinas, onde houve uma parceria com os demais professores cedendo ou trocando suas aulas para que a aplicação da sequência fosse em um curto espaço de datas.

#### **Aula 1 dia 28 de junho com 3 horas/aula**

A abordagem inicial se deu por meio de diálogo e uso de slides com uma breve explicação do propósito deste trabalho. Já no momento inicial os estudantes se apresentaram empolgados e de certa forma lisonjeados por serem escolhidos para participar deste trabalho. Da mesma maneira, a postura receptiva e calorosa dos estudantes proporcionou grande motivação para a execução das atividades subsequentes.

A aula iniciou com o questionamento sobre o princípio de funcionamento dos óculos, *“como fazem as pessoas enxergarem com nitidez?”* Como as lupas, telescópios e microscópios conseguem aumentar as imagens de coisas muito pequenas ou objetos distantes. Ao fazer essas indagações foi perceptível que os estudantes não haviam parado para pensar no assunto e nesse momento a curiosidade tomou espaço, gerando a oportunidade de buscar respostas. Nesse momento os estudantes passaram a argumentar possibilidades entre si.

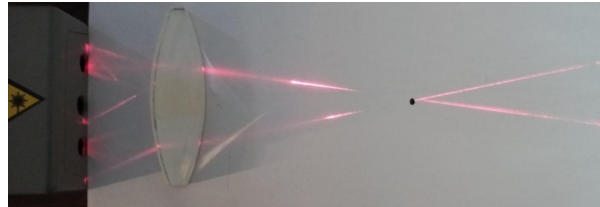
A sequência da aula se deu com a pergunta sobre os tipos de defeitos da visão que eles conhecem, onde uma estudante que faz uso de óculos afirmou ter miopia e sobre seus óculos mais antigos serem tipo “fundo de garrafa”. Logo foi apresentado o experimento inicial com uso do laser e das lentes para simular a formação da imagem em um olho normal, míope e hipermetrópe.

Antes da apresentação foi explicado que estamos trabalhando com uma representação de como a imagem se forma no olho humano, sendo a primeira demonstração a

do olho normal. Durante a apresentação foi explicado que o laser representa a luz que entra pela pupila dos nossos olhos e que a imagem é formada no encontro dos raios de luz.

Utilizamos um fundo de folha sulfite branca para poder marcar o ponto onde os raios de luz se encontram.

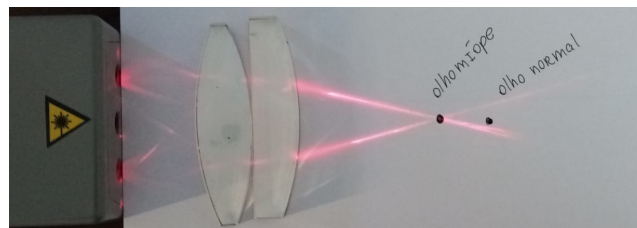
Figura 38: Lente biconvexa representando o cristalino do olho humano no experimento inicial



Fonte: acervo do autor

A figura 38 ilustra a demonstração da formação de imagem em um olho normal. O ponto onde os raios se cruzam foi marcado com caneta preta. Nesse ponto encontra-se a retina. À essa demonstração, foi acrescentada uma lente plano convexa para ilustrar o olho míope. Conforme pode ser visto na figura 39, o ponto de cruzamento dos raios foi marcado, ilustrando onde a imagem se forma. Nesse momento foi indagado aos estudantes qual diferença eles observaram do olho normal e prontamente eles responderam que o encontro dos raios de luz aconteceu antes do ponto do olho normal.

Figura 39: Lente biconvexa (lente 1) associada a lente plano convexa (lente 2) representando a diferença do local onde a imagem é formada no olho míope em relação ao olho normal

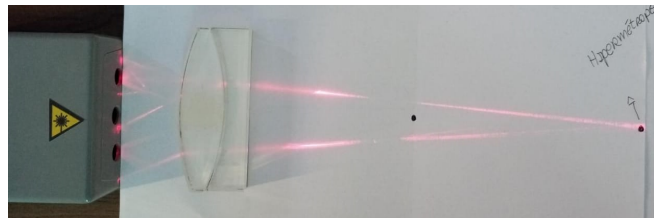


Fonte: acervo do autor

Com a observação foi possível perceber que associando duas lentes convergentes aumentamos a vergência registrada na figura 38. Essas observações e um desenho representando o experimento foram registradas no material do aluno.

Trocamos a lente plano convexa pela lente plano côncava como mostra a figura 40, para ilustrar o olho hipermetrópe e marcamos o ponto onde os raios de luz se encontram. Neste momento os estudantes observaram os raios de luz se cruzarem depois do ponto de encontro no olho normal.

Figura 40: Lente biconvexa (lente 1) associada a lente plano côncava (lente 2) representando a diferença do local onde a imagem é formado no hipermetrope comparado com o olho normal



Fonte: acervo do autor

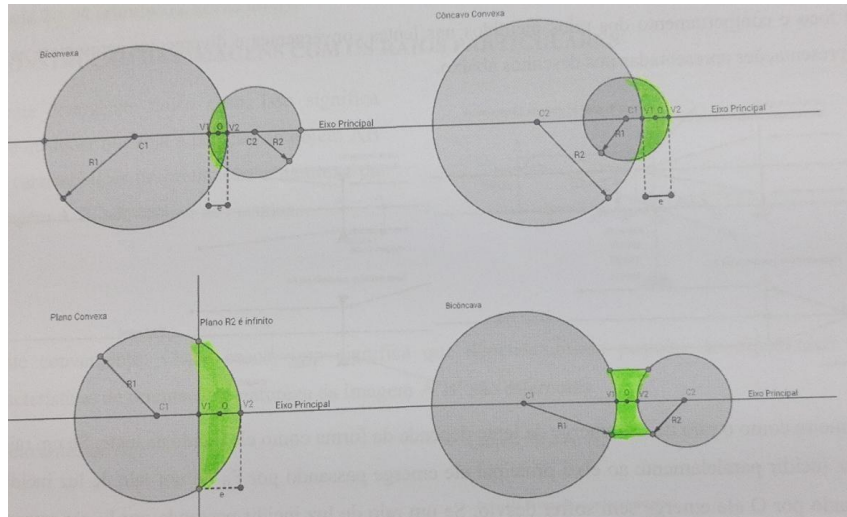
Com a associação das lentes demonstradas na figura 40 foi possível perceber que associando uma lente convergente com uma lente divergente temos um queda na vergência registrada na figura 38. Novamente essas observações e desenhos representando o experimento foram registradas no material do aluno.

As demonstrações foram realizadas mais algumas vezes e um desafio foi lançado, onde os estudantes teriam que combinar as lentes e representar os olhos míope e hipermetrope, de modo a fazer os raios de luz se cruzam no ponto do olho normal ou mais próximo possível tornando possível observar os efeitos da correção da visão nestes dois casos em específico.

Após a realização do experimento inicial foram mostradas as imagens de como as pessoas com miopia, hipermetropia e astigmatismo enxergam. Nesse momento os resultados das demonstrações foram retomados e foi discutido que para o astigmatismo, é preciso mais de um ponto focal para representar no experimento e não conseguimos combinar as lentes para obter essa representação, sendo esse o motivo de apenas tratarmos a miopia e a hipermetropia com mais ênfase.

Nesse momento a aula passa a ser conceitual e processual com a intenção de oportunizar o acesso ao embasamento teórico necessário para realizar o desafio proposto anteriormente. A abordagem segue a sequência do plano de aula e é iniciada com a apresentação dos tipos de lentes com suas características de convergência e divergência, utilizando o laser para visualização, com a apresentação da nomenclatura, representação, componentes, simbologia das lentes através das representações no material do aluno expostas nos slides. No material do aluno cada estudante destacou a lente com marca texto, como é possível observar na figura 41.

Figura 41: Marcação das lentes com destaque em marca texto feito no material do aluno pelos estudantes



Fonte: acervo do autor

Em seguida foi localizado os pontos focais e antiprincipais nas lentes convergente e divergente destacando a diferença da localização desses pontos nos dois tipos de lentes. Na sequência foram apresentados o comportamento dos raios nas lentes divergente e convergente também comparando os dois casos seguido da apresentação dos raios principais em ambas as lentes enfatizando a importância dos mesmos para o estudo da formação das imagens.

Antes de estudar as características das imagens projetadas nas lentes foi apresentada a câmara escura da figura 42 para que os estudantes pudessem se familiarizar com a ideia da imagem invertida:

Figura 42: Observação da imagem invertida da chama da vela projetada na câmara escura



Fonte: acervo do autor

Depois da observação do fenômeno da imagem invertida projetada pela câmara escura, foi mencionado que em nossos olhos as imagens se formam na retina de forma invertida sendo o cérebro o responsável em proporcionar a visão direita. Seguindo com a abordagem da construção das imagens a partir dos raios particulares na lente divergente.

Nesse momento o estudante utilizou a régua para poder construir os desenhos no

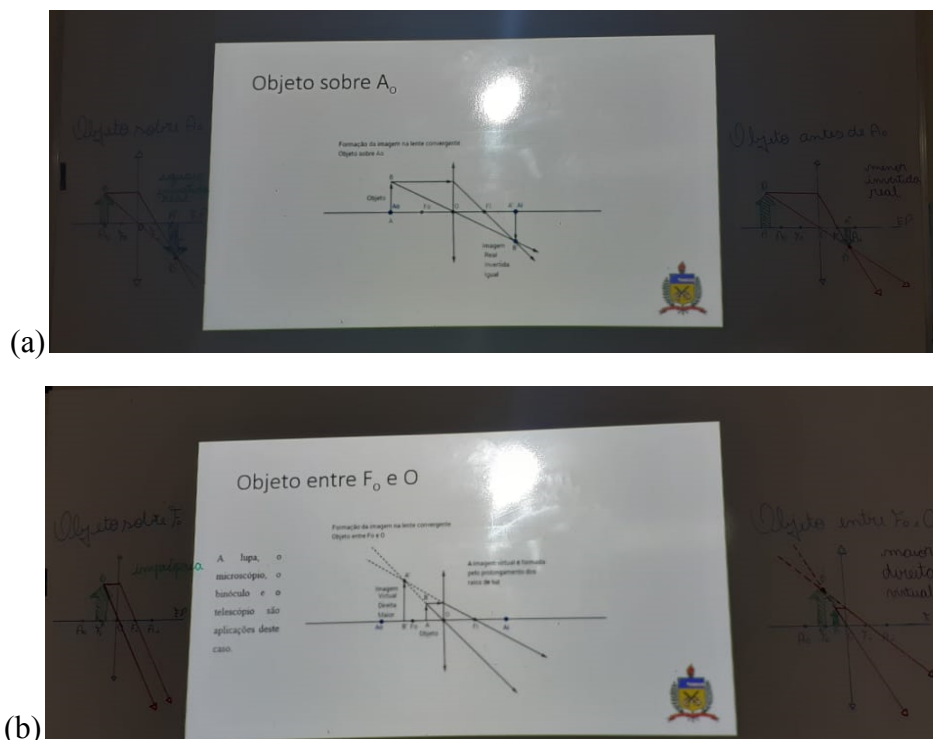
caderno de forma precisa, seguido do posicionamento do objeto e da imagem possibilitando classificar as imagens formadas, quanto a direção, tamanho e natureza.

### Aula 2 dia 30 de junho com 5 horas/aula

No segundo dia de aplicação a aula teve uma breve revisão sobre a aula anterior. Uma professora da escola, a professora D., participou durante as explicações com a fala sobre a experiência que teve quando fez a cirurgia de correção da miopia em um olho e do astigmatismo em outro olho. Para corrigir a miopia foi feita uma cirurgia a laser e para corrigir o astigmatismo foi inserida uma lente em seu olho. Outra informação trazida pela professora D. foi o fato de seu oftalmologista recomendar que os olhos não devem ser coçados (esfregados com com dedos por exemplo) para evitar o astigmatismo uma vez que este é oriundo de uma deformação na superfície da córnea.

Na sequência, a aula se manteve teórica e processual com a construção das imagens a partir dos raios particulares na lente convergente dando sequência à finalização da aula anterior. As figuras 43 (a) e 43 (b) mostram a projeção das imagens contidas no material do aluno com a construção orientada para que os estudantes pudessem reproduzir os desenhos em seu material.

Figura 43: Imagem da construção dos desenhos das imagens a partir da localização dos objetos, no lado de cada slide

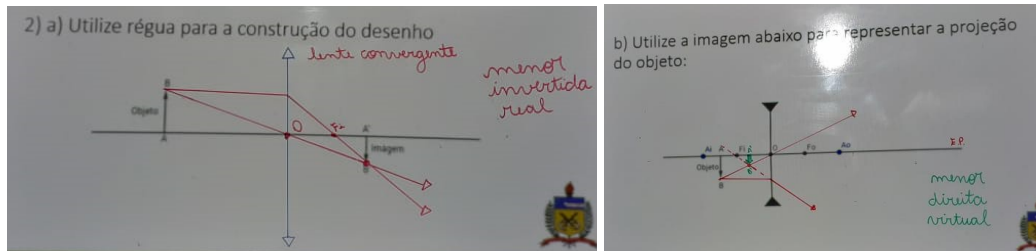


Fonte: acervo do autor

Depois das construções dos desenhos, as imagens foram comparadas quanto a posição, direção e natureza nas lentes convergente e divergente seguindo de dois exercícios de

desenho que os estudantes realizaram sozinhos. Na figura 44 temos o registro de parte da correção dos exercícios realizados pelos estudantes.

Figura 44: Imagem da correção dos exercícios feito no quadro



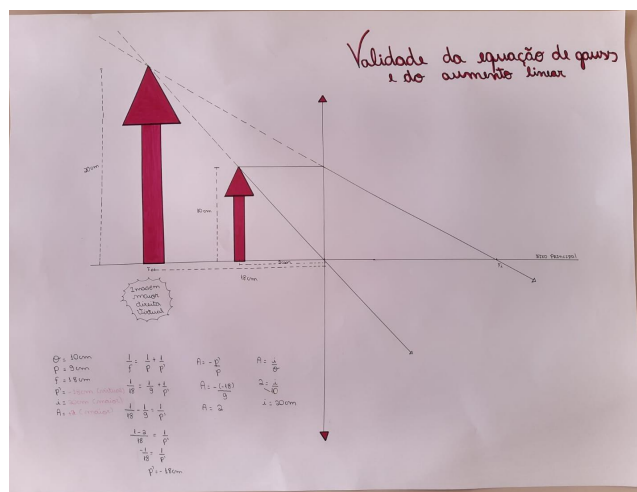
Fonte: acervo do autor

Depois das correções iniciamos os estudos da Equação de Gauss e da Equação do Aumento Linear Transversal com identificação dos componentes e sinais seguido da resolução de exemplos e resolução de exercícios com correção. Durante a resolução dos exercícios, os estudantes discutiram entre si como resolver cada questão e auxiliaram verbalmente um ao outro trocando informações e formas de resolução dos cálculos.

Durante a correção dos exercícios houve a discussão sobre dúvidas existentes durante a resolução.

Após a correção foi explicada a atividade de verificação da equação de Gauss com a apresentação de dois exemplos, um em cartolina como mostra a figura 45 e outro em papel A4 como mostra a figura 46.

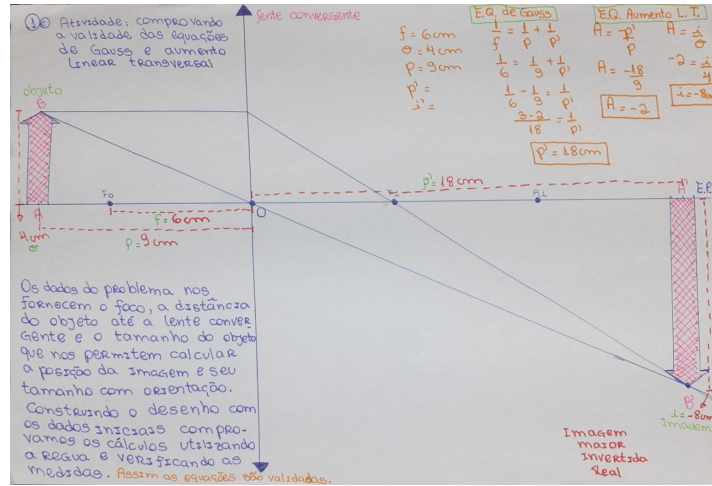
Figura 45: Imagem do exemplo 1 da verificação da Equação de Gauss



Fonte: acervo do autor



Figura 46: Imagem do exemplo 2 da verificação da Equação de Gauss



Fonte: acervo do autor

Após a análise e explicação dos exemplos, a classe dividiu os exercícios para que pudessem ser visualizadas várias situações da verificação da Equação de Gauss. A entrega da atividade foi agendada para o dia 02 de julho.

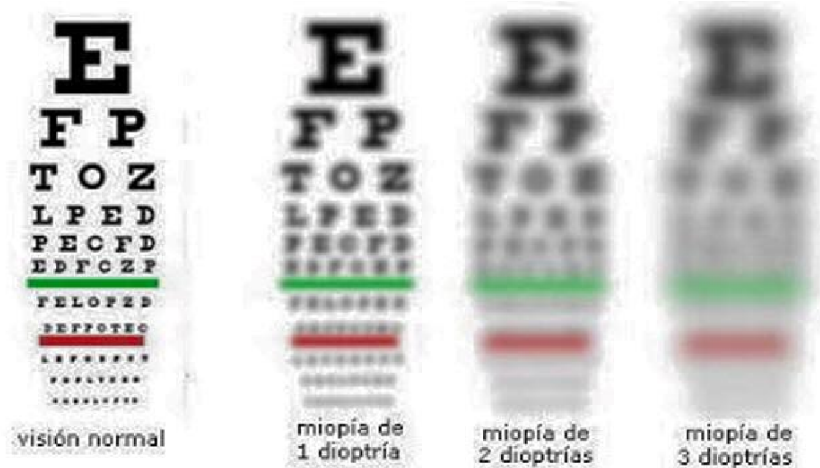
A aula foi finalizada com a explicação da equação de vergência e dos fabricantes de lentes com resolução de exemplo junto com os estudantes.

**Aula 3 dia 01 de julho com 4 horas/aula**

No início da terceira aula houve a necessidade de nova explicação do desenho sobre a verificação da Equação de Gauss, pois os estudantes apresentaram dúvidas durante a execução.

Houve uma breve retomada da explicação da equação de vergência e dos fabricantes de lentes seguido da mostra de imagem da figura 47 que compara visões míopes com diferentes dioptrias apresentada abaixo:

Figura 47: Visão normal comparada com visão míope com 1, 2 e 3 dioptrias respectivamente



Fonte: [iorj.med.br/o-que-e-miopia](http://iorj.med.br/o-que-e-miopia)

Com a visualização da imagem foi possível perceber o significado dos valores de dioptrias calculados nos exemplos com a posterior resolução de exercícios sobre vergência e aplicabilidade da equação dos fabricantes de lentes. Seguindo com a correção dos exercícios novamente surgiram discussões sobre interpretação equivocadas na resolução dos exercícios.

Após a correção dos exercícios houve a resolução conjunta de exemplos sobre combinação de lentes apresentando cálculos e desenhos de cada exemplo.

A aula foi finalizada com o início do estudo do olho humano com suas características morfológicas e função de seus componentes principais. Nesse momento iniciamos a leitura do texto disponível no material do aluno e manuseio da maquete do olho humano disponível na escola. Nesse momento alguns resgates das aulas anteriores se fizeram presentes como a imagem ser invertida relacionando com a câmara escura, o cristalino sendo representado pela lente biconvexa no experimento inicial, a retina sendo representada pelo ponto onde a imagem se forma no primeiro experimento e o fato da imagem ser menor e real confirmando o fato do cristalino ser uma lente convergente.

Além desses resgates das aulas anteriores foram abordados algumas definições quanto a diferenciação das cores e o fato da maioria dos animais não apresentarem essa mesma característica na visão.

Estes estudantes já haviam feito trabalhos sobre a população de abelhas nas aulas de biologia e os mesmos afirmaram que as abelhas são animais que conseguem diferenciar as cores. Esta afirmação surgiu no momento do reconhecimento da existência dos cones e bastonetes no olho humano.

#### **Aula 4 dia 02 de julho com 5 horas/aula**

Esta aula foi ministrada com o uso da lousa digital disponível na escola. Este uso foi conveniente pois a mesma apresenta uma projeção das partes do corpo humano incluindo o olho humano. A aula teve início com a visualização de três vídeos que falam sobre a visão e as partes do olho, seguida da visualização do olho na lousa digital.

Após a observação do olho humano com uso da lousa digital foram tratados os defeitos da visão, lembrando as características visualizadas no experimento inicial seguindo com a resolução de um exemplo da correção da miopia e outro exemplo da correção da hipermetropia com uso de óculos e lente de contato.

Houve a apresentação de um tipo de astigmatismo onde as imagens no olho se formam em planos diferentes seguindo da solicitação da construção de um desenho da

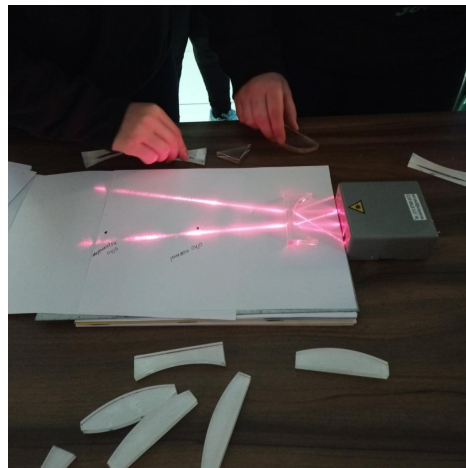
morfologia do olho humano que deve ser entregue até o dia 08 de julho.

O experimento inicial foi retomado juntamente com o desafio lançado na primeira aula para observar os efeitos da correção da visão com miopia seguida da visão com hipermetropia, onde os estudantes fizeram testes associando lentes de maneira a posicionar uma ou mais lentes ao conjunto que representa a miopia e da mesma maneira ao conjunto que representa a hipermetropia.

Antes do manuseio as lentes, laser e canetas foram higienizadas assim como as mãos dos estudantes, utilizando álcool 70 para manter as regras definidas no Plancon (plano de contingência escolar) da escola.

A figura 48 mostra o manuseio inicial retomando a classificação das lentes convergentes e divergentes trocando uma a uma na frente do laser e separando as lentes em dois grupos: divergente e convergentes:

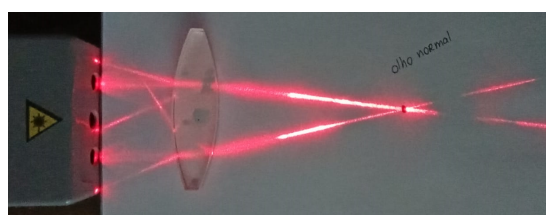
Figura 48: Imagem do manuseio das lentes e laser na aplicação



Fonte: acervo do autor

Depois do manuseio e classificação das lentes iniciamos o experimento final, como mostra a figura 49, onde utilizamos a lente biconvexa para representar o cristalino do olho humano realizando a marcação do ponto onde a imagem é formada localizado na junção dos raios de luz.

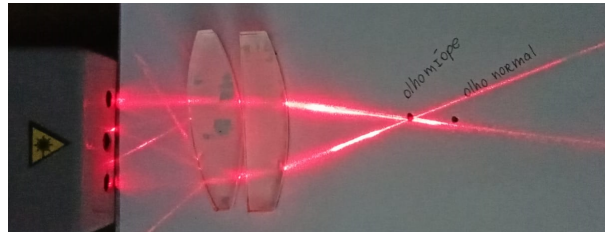
Figura 49: Imagem da lente biconvexa representando o cristalino do olho humano com a marca no local onde a imagem é formada representando a posição da retina



Fonte: acervo do autor

Com a associação da lente plano convexa à lente biconvexa representamos a miopia como mostra a figura 50.

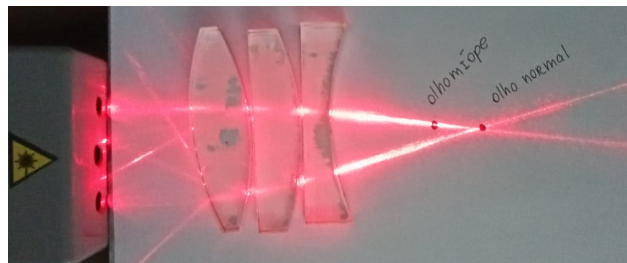
Figura 50: Imagem da lente biconvexa (lente 1) associada a lente plano convexa (lente 2) representando a posição da imagem no olho míope localizada antes da retina



Fonte: acervo do autor

Nesse momento anotamos o novo ponto que representa o local a imagem é formada no olho míope considerando novamente o aumento da vergência fazendo com que seja possível concluir que no olho míope a imagem se forma antes da retina. Depois do manuseio foi dado início aos testes que tem como objetivo acrescentar uma ou mais lentes à associação da figura 50 reposicionando o encontro dos raios de luz no local registrado na figura 49.

Figura 51: Imagem da lente biconvexa (lente 1) associada com a lente plano convexa (lente 2) e a lente plano côncava (lente 3) representando os efeitos da correção em um olho míope

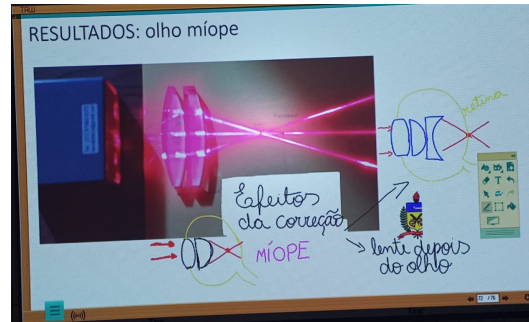


Fonte: acervo do autor

A figura 51 mostra o resultado obtido pelos estudantes que consiste na associação de uma lente plano côncava associada com as lentes biconvexa e plano convexa. Como o resultado obtido pelos estudantes se trata de uma associação atrás do cristalino foi necessário explicar que este resultado se trata de uma representação dos efeitos da correção já que não podemos colocar um óculos na parte interna do olho.

Na figura 52 temos os registros dos desenhos feitos no material do aluno para representar o experimento e os resultados alcançados. Os estudantes também anotaram suas conclusões sobre a associação das lentes onde após a execução do experimento passou a fazer sentido que para diminuir a vergência na associação foi necessário associar uma lente divergente, estendendo essa conclusão para a miopia, concluindo que os óculos tipo fundo de garrafa fazem parte de um conjunto de lentes divergentes.

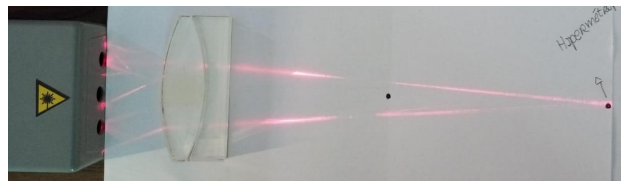
Figura 52: Imagem do desenho da representação do experimento feito na lousa digital



Fonte: acervo do autor

Após os registros no material do aluno seguimos com a representação da hipermetropia da figura 53 anotando de início o ponto onde a imagem se forma na lente biconvexa representando o olho normal, seguindo com a localização do ponto resultante da associação da figura 53 representando a hipermetropia retomando o fato da imagem ser formada depois da retina em um olho hipermetrópe pelo fato de associar uma lente divergente à lente biconvexa que é converte.

Figura 53: lente biconvexa (lente 1) associada a lente plano côncava (lente 2) representando a localização da imagem depois da retina no olho hipermetrópe

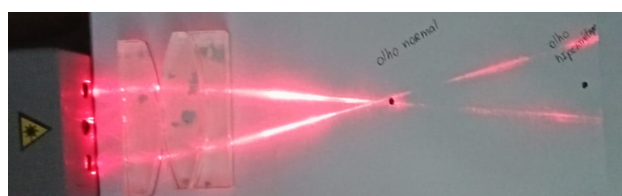


Fonte: acervo do autor

Na sequência iniciamos o manuseio das lentes para posicionar uma ou mais à associação da figura 53 com a intenção de aumentar a vergência e reposicionar o cruzamento dos raios de luz no ponto que representa a visão do olho normal. Antes de iniciar as tentativas, uma estudante já concluiu que deveria ser associada uma lente convergente para que fizesse sentido, demonstrando de forma positiva a aprendizagem apresentada pela estudante.

Na figura 54 está registrada a tentativa que mais teve eficiência durante a realização do experimento.

Figura 54: lente plano convexa (lente 1) associada a lente biconvexa (lente 2) e a lente plano côncava (lente 3) representando a correção da visão em um olho hipermetrópe

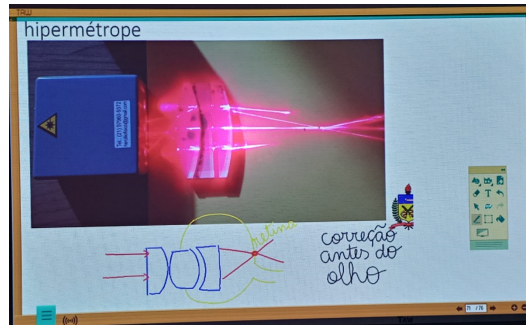


Fonte: acervo do autor

Neste caso, a lente utilizada para corrigir o problema foi a lente plano convexa antes da associação, diferente da correção da miopia, neste caso podemos dizer que a lente plano convexa representa a ação do óculos na frente de um olho hipermetrope.

Na figura 55 temos um esboço do desenho reproduzido no material de cada estudante.

Figura 55: Imagem do desenho da representação do experimento feito na lousa digital

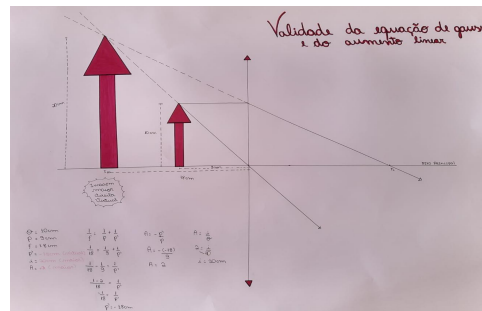


Fonte: acervo do autor

Após as anotações houve solicitação do mapa mental com data de entrega para o dia 08 de julho com construção de um exemplo na lousa digital e agendamento da atividade avaliativa final para o dia 05 de julho.

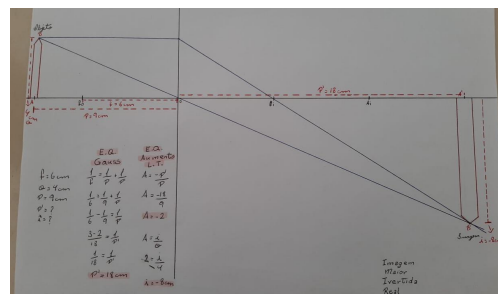
Neste dia houve a entrega da atividade de verificação da equação de gauss para correção registradas nas imagens 56, 57, 58 e 59 abaixo:

Figura 56: Verificação da Equação de Gauss e do Aumento Linear Transversal feito pelos estudantes



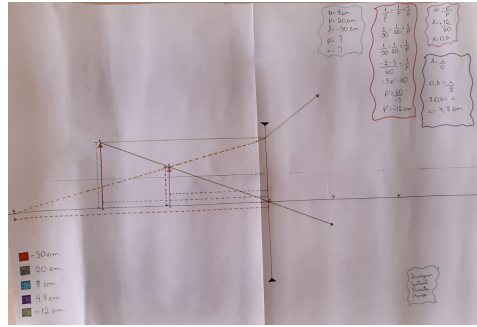
Fonte: acervo do autor

Figura 57: Verificação da Equação de Gauss e do Aumento Linear Transversal feito pelos estudantes



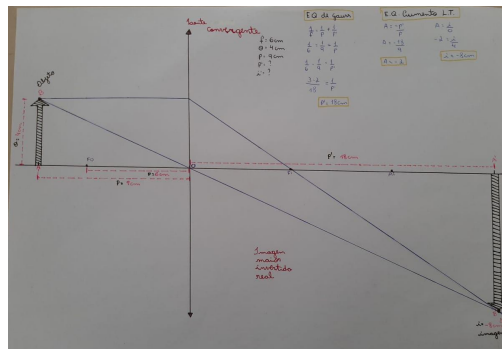
Fonte: acervo do autor

Figura 58: Verificação da Equação de Gauss e do Aumento Linear Transversal feito pelos estudantes



Fonte: acervo do autor

Figura 59: Verificação da Equação de Gauss e do Aumento Linear Transversal feito pelos estudantes



Fonte: acervo do autor

Nas figuras 56, 57, 58 e 59 é possível observar que cada estudante realizou a verificação de um dos exercícios trabalhados em sala de aula, utilizando a régua e verificando de fato a validade das Equações de Gauss e do Aumento Linear Transversal.

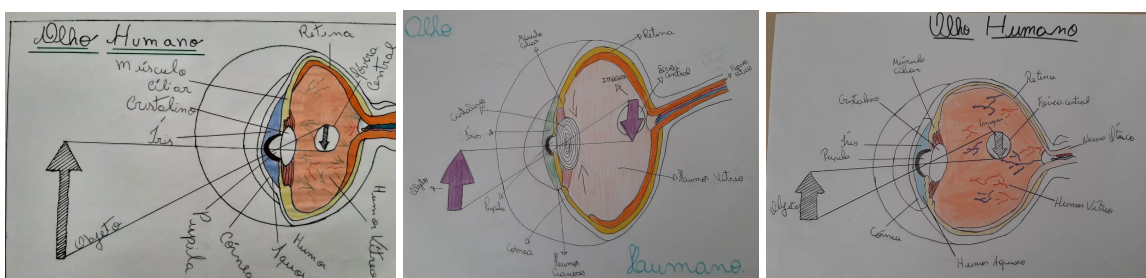
**Aula 5 dia 05 de julho com 4 horas/aula**

Atividade avaliativa realizada individualmente com uso de calculadora e material do aluno no caderno.

**Aula 6 dia 08 de julho com 2 horas/aula**

Nesse dia houve a finalização e entrega do desenho e mapa mental registrados nas figuras apresentadas abaixo. Na figura 60 estão os desenhos da representação do olho humano construído por três estudantes do ensino médio.

Figura 60: Desenhos do olho feito pelos estudantes

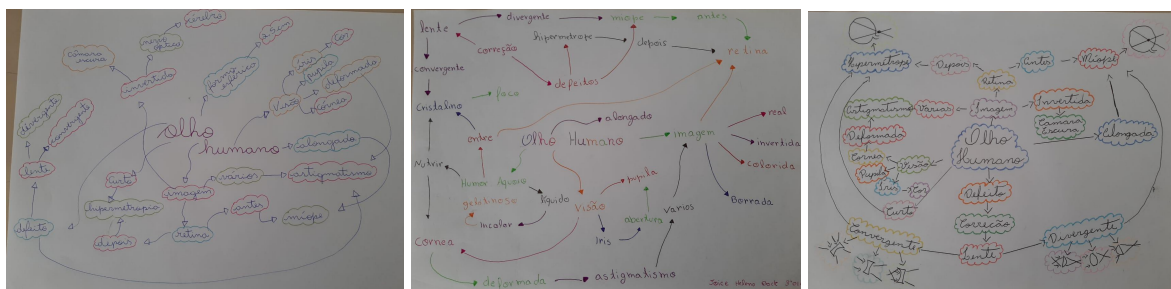


Fonte: acervo do autor





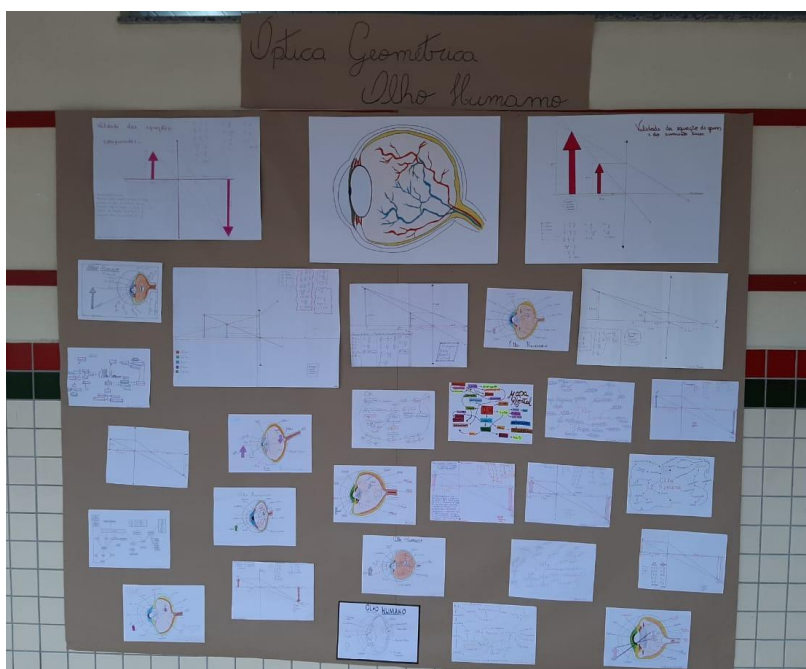
Figura 64: Exposição dos trabalhos dos estudantes na escola



Fonte: acervo do autor

Finalizando segue a figura 65 com o registro das produções dos estudantes expostas em painel na escola. Nesse painel foram expostos os desenhos do olho humano, mapas mentais e verificação da equação de gauss e do aumento linear transversal.

Figura 65: Exposição dos trabalhos dos estudantes na escola



Fonte: acervo do autor

O painel da figura 65 ficou em exposição por três semanas. No próximo item apresento o relato da aplicação da proposta de sequência didática para o ensino fundamental com registros das produções dos estudantes.

### 5.5.2 APLICAÇÃO NO ENSINO FUNDAMENTAL

A aplicação teve início no dia 02 de julho com finalização no dia 20 de julho totalizando 20 horas/ aula de 45 minutos cada uma. As aulas foram realizadas nas aulas de ciências e matemática, onde houve uma parceria com a professora de ciências cedendo ou trocando suas aulas para que a aplicação da sequência fosse em um curto espaço de datas.

Nessa turma foi aplicada a sequência didática duas vezes, pois a turma se divide em dois grupos: GRUPO A e GRUPO B graças às regras no plano de contingência existente

na escola.

## GRUPO B

### **Aula 1 dia 02 de julho com 4 horas/aula**

Apresentação formal sobre as atividades, conteúdos e estratégias que irão seguir por aproximadamente 10 aulas.

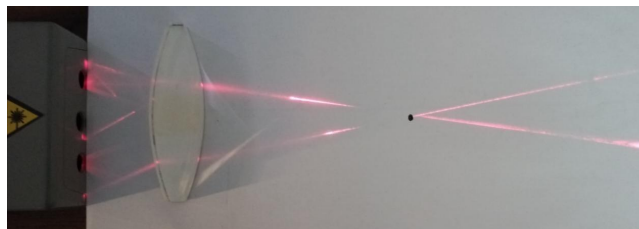
O início da abordagem se deu com a apresentação da maquete do olho humano disponível na escola e explanação de seus componentes principais com apresentação de dois breves vídeos. Após a visualização dos vídeos e de uma breve discussão sobre o que chamou mais atenção de cada estudante foi feita a solicitação da pesquisa na internet ou no livro didático sobre o significado e função dos componentes do olho listados abaixo:

Esclera; Nervo óptico; Retina; Íris; Cones; Bastonetes; Córnea; Pupila; Cristalino; Músculos ciliares.

Logo após a solicitação da pesquisa houve a solicitação dos materiais necessários para construir a câmara escura e massinha de modelar colorida para a próxima aula. Feitas as anotações começamos com a introdução dos defeitos da visão com o experimento inicial da mesma maneira como feito no ensino médio explicando que estamos trabalhando com uma representação de onde a imagem é formada no olho humano sendo a primeira demonstração a do olho normal. Durante a apresentação foi explicado que o laser representa a luz que entra pela pupila dos nossos olhos e que a imagem é formada no encontro dos raios de luz.

Utilizamos um fundo de folha sulfite branca para poder marcar o ponto onde os raios de luz se encontram. segue a apresentação do olho normal:

Figura 66: Lente biconvexa representando o cristalino do olho humano no experimento inicial

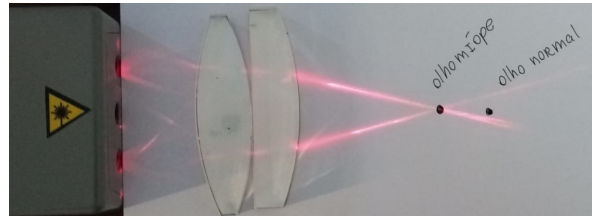


Fonte: acervo do autor

No momento da observação do fenômeno registrado na figura 66, foi possível perceber que os feixes de luz se cruzam em um ponto que foi destacado com uso de uma caneta preta representando o local onde se encontra a retina. Acrescentamos uma lente para mostrar o olho míope e marcamos o ponto onde a imagem foi formada. Nesse momento foi indagado aos estudantes qual diferença eles observaram do olho normal e prontamente eles

responderam que o encontro dos raios de luz aconteceu antes do ponto do olho normal como mostra a figura 67.

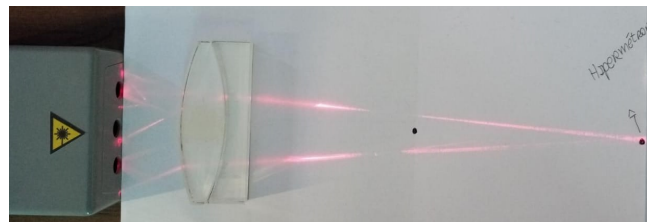
Figura 67: Lente biconvexa (lente 1) associada a lente plano convexa (lente 2) representando a diferença do local onde a imagem é formada no olho míope em relação ao olho normal



Fonte: acervo do autor

Com a observação foi feito um desenho representando o experimento registrado no caderno de cada aluno. Na sequência trocamos a lente planoconvexa pela lente plano côncava como mostra a figura 68, para mostrar o olho hipermetrópe e marcamos o ponto onde os raios de luz se encontram. Neste momento os estudantes observaram os raios de luz se cruzarem depois do ponto de encontro no olho normal.

Figura 68: Lente biconvexa (lente 1) associada a lente plano côncava (lente 2) representando a diferença do local onde a imagem é formada no hipermetrópe comparado com o olho normal



Fonte: acervo do autor

Novamente essas observações e desenhos representando o experimento foram registradas no caderno de cada aluno. Assim como no ensino médio realizamos as trocas de lentes algumas vezes mais para que os estudantes pudessem observar novamente. Seguido do lançamento do desafio final que consiste em combinar lentes nas associações que representam o olho míope e o olho hipermetrópe de modo a fazer os raios de luz se cruzarem no ponto do olho normal ou mais próximo possível tornando possível observar os efeitos da correção da visão nestes dois casos em específico.

Após a realização do experimento inicial foram mostradas as imagens de como as pessoas com miopia, hipermetropia e astigmatismo observam, já nesse momento tentado relacionar com os resultados do experimento e diferenciando do astigmatismo, onde seria preciso mais de um ponto focal para representá-lo no experimento e não conseguimos combinar as lentes para obter essa representação, sendo esse o motivo de apenas tratarmos a miopia e a hipermetropia com mais ênfase.

Nesse momento a aula passa a ser conceitual e processual com a intenção de oportunizar o acesso ao embasamento teórico necessário para realizar o desafio proposto anteriormente. A abordagem segue a sequência do plano de aula e é iniciada com a apresentação dos tipos de lentes com suas características de convergência e divergência, utilizando o laser para visualização seguida da apresentação da nomenclatura, simbologia das lentes através das representações expostas nos slides e registradas no caderno.

Na figura 69 podemos observar a imagem das lentes utilizadas no experimento projetadas na sala de aula e ao lado da projeção está o desenho com o nome de cada lente que os estudantes anotaram em seus cadernos de ciências.

Figura 69: Tipos de lentes e nomes



Fonte: acervo do autor

A figura 70 mostra o início da classificação das lentes com uso do laser. No momento do registro nenhuma lente tinha sido classificada ainda. Nessa figura também é possível observar a maquete do olho disponível na escola para uso.

Figura 70: Classificação das lentes em convergente e divergente



Fonte: acervo do autor

Após a classificação das lentes e registros no caderno foi solicitado para os estudantes reproduzirem o desenho em duas dimensões da parte interna do olho humano em uma folha A4, finalizando assim a primeira aula.

### **Aula 2 dia 13 de julho com 2 horas/aula**

Iniciamos a aula com a discussão da pesquisa solicitada na aula anterior com

leitura do resultado da pesquisa dos estudantes de forma dinâmica e espontânea. Seguimos com a construção da câmara escura com o apoio da professora de ciência já que os estudantes se mostraram muito inseguros e todos queriam que o professor verificasse cada etapa da construção para evitar erros, o que demandou atenção especial a cada estudante.

Figura 71: Câmaras escuras construídas pelos estudantes



Fonte: Acervo do autor

Na figura 71 podemos observar duas câmaras escuras construídas pelos estudantes com os materiais que eles trouxeram de suas casas. Seguida da construção da câmara executamos a experimentação com a visualização das imagens invertidas da chama da vela e dos alunos no corredor da escola, testando cada uma das câmaras.

Figura 72: Câmara escura e imagem do estudante no corredor



Fonte: Acervo do autor

Na figura 72 é possível observar parte do experimento onde observamos a imagem do estudante posicionado no corredor da escola de forma invertida, na figura 72 observamos a chama da vela invertida na câmara escura produzida por um dos estudantes.

Figura 73: Câmara escura e imagem da chama da vela



Fonte: acervo do autor

Após a observação do fenômeno na câmara escura foi explanado aos estudantes que o olho humano funciona como uma câmara escura onde a imagem que se forma na retina do olho é menor e invertida sendo o cérebro o responsável em apresentar a visão da forma como a temos. Os estudantes fizeram anotações em seus cadernos sobre a câmara escura.

Figura 74: Manuseio da maquete do olho disponível na escola



Fonte: acervo do autor

Para finalizar a aula fizemos o olho de massinha de modelar a partir do modelo existente na escola como registrado na figura 75:

Figura 75: Maquete do olho humano de massinha de modelar feita pelos estudantes



Fonte: acervo do autor

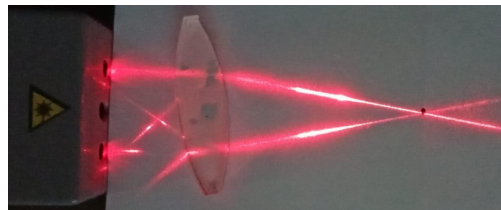
Na figura 75 podemos observar a maquete do olho construída pelos alunos do sexto ano representado a parte externa do olho humano, contendo a esclera, íris, pupila e

músculos já na parte interna podemos observar a esclerótica a retina, nervo óptico e vasos sanguíneos na retina. No momento da construção os estudantes tiveram orientações superficiais para que fosse possível exercerem sua autonomia e verificar como cada um visualizava o olho.

### **Aula 3 dia 15 de julho com 2 horas/aula**

Iniciamos a aula retomando o experimento inicial que representa os problemas da visão com as lentes e o laser seguindo com as tentativas de correções da mesma maneira como executado no ensino médio.

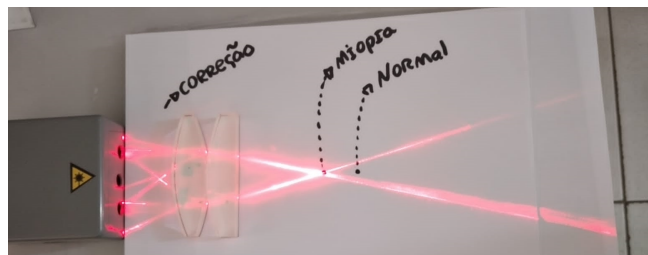
Figura 76: Lente biconvexa representado o olho humano com a localização da imagem em um olho normal



Fonte: Acervo do autor

Na figura 76 podemos observar a representação do local onde a imagem é formada em um olho normal destacada pelo ponto de intersecção dos raios de luz que emergem da lente sofrendo refração.

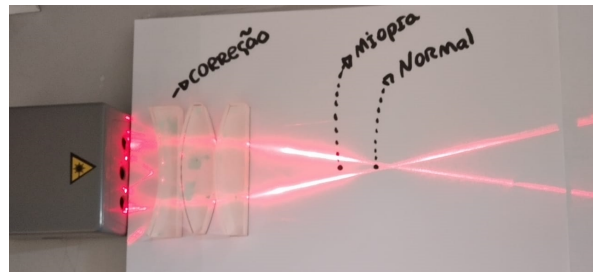
Figura 77: Lente biconvexa (lente 1) associada a lente plano convexa (lente 2) representando o olho humano com miopia



Fonte: Acervo do autor

Na figura 77 podemos observar a associação das lentes representando o olho humano com miopia seguindo essa visualização os estudantes deram início às tentativas de associar as lentes de forma a reposicionar a junção dos raios de luz na localização que representa o olho normal.

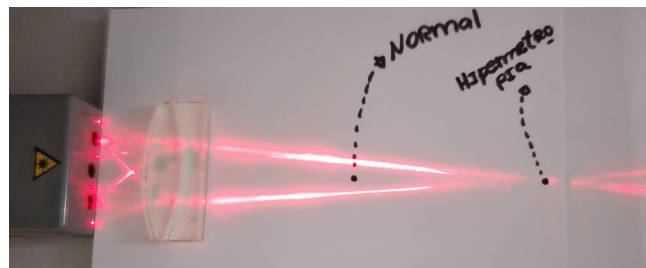
Figura 78: Lente plano côncava (lente 1) associada a lente biconvexa (lente 2) e a lente plano convexa (lente 3) representando a correção da miopia



Fonte: Acervo do autor

Na figura 78 podemos observar a associação feita pelos alunos do sexto ano associando a lente plano côncava diminuindo a vergência e corrigindo a visão com miopia. Vale ressaltar que o resultado encontrado pelos estudantes do sexto ano é diferente do resultado encontrado pelos estudantes do ensino médio.

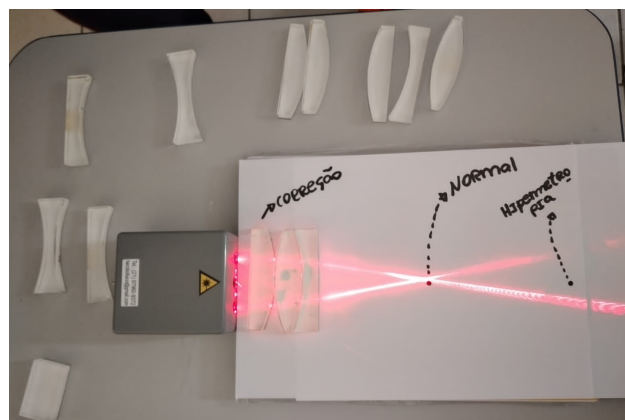
Figura 79: Lente biconvexa (lente 1) associada com lente plano côncava (lente 2) representando o olho humano com hipermetropia



Fonte: Acervo do autor

Na figura 79 podemos observar a associação das lentes que representa a hipermetropia onde a imagem é formada depois da retina. Depois da observação se iniciaram as tentativas de associação das lentes para tentar corrigir o problema.

Figura 80: Lente plano convexa (lente 1) associada com lente biconvexa (lente 2) e lente plano côncava (lente 3) representando a correção da hipermetropia



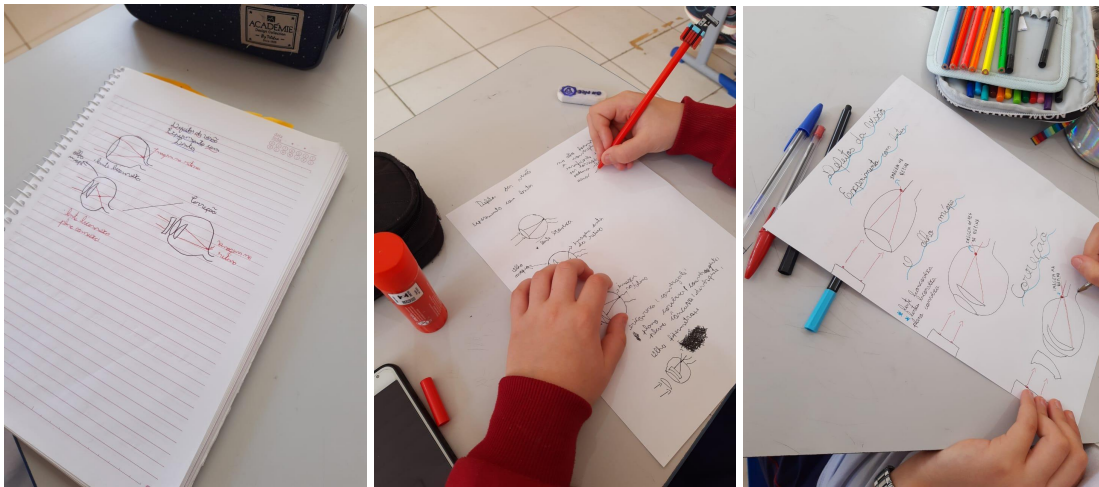
Fonte: Acervo do autor

Na figura 80 podemos observar a associação feita pelos alunos do sexto ano associando a lente plano convexa aumentando a vergência e corrigindo a visão com



hipermetropia.

Figura 81: Imagens dos registros do experimento final feitos no caderno por cada estudante



Fonte: Acervo do autor

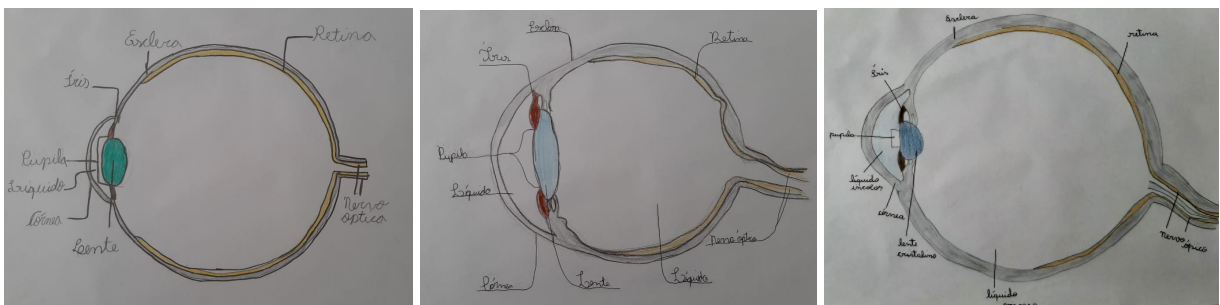
Na figura 81 podemos ver os registros feitos pelos estudantes em seus cadernos sobre os resultados do experimento final. Além dos desenhos das representações das lentes e raios de luz, os estudantes anotam sínteses dos defeitos da visão estudados e quais lentes podemos utilizar para corrigir cada um dos problemas aumentando a vergência no caso da hipermetropia e diminuindo a vergência no caso da miopia.

#### **Aula 4 dia 16 de julho com 3 horas/aula**

Realização da atividade avaliativa disponível no plano de aula com uso do caderno seguida da construção do mapa mental.

Seguem alguns registros dos desenhos do olho humano produzidos pelos estudantes:

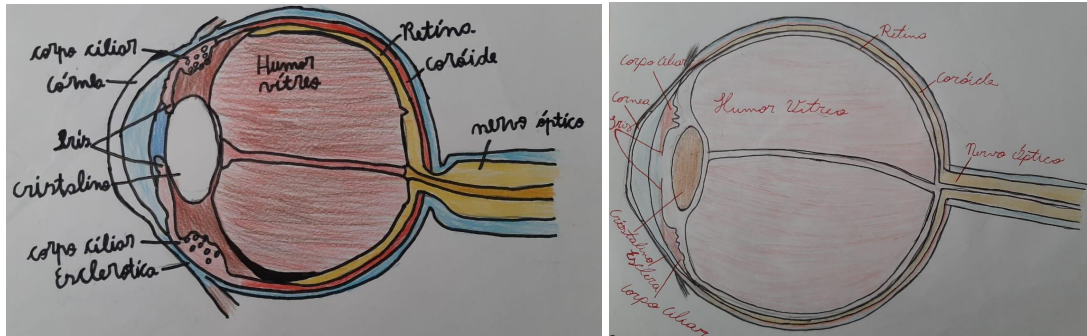
Figura 82: Desenhos dos olhos feitos pelos estudantes



Fonte: Acervo do autor

Os desenhos da figura 82 foram feitos pelo GRUPO A com base no desenho disponível no livro didático de cada estudante. A atividade foi feita em sala de aula e este grupo levou aproximadamente 20 minutos para produzir o desenho.

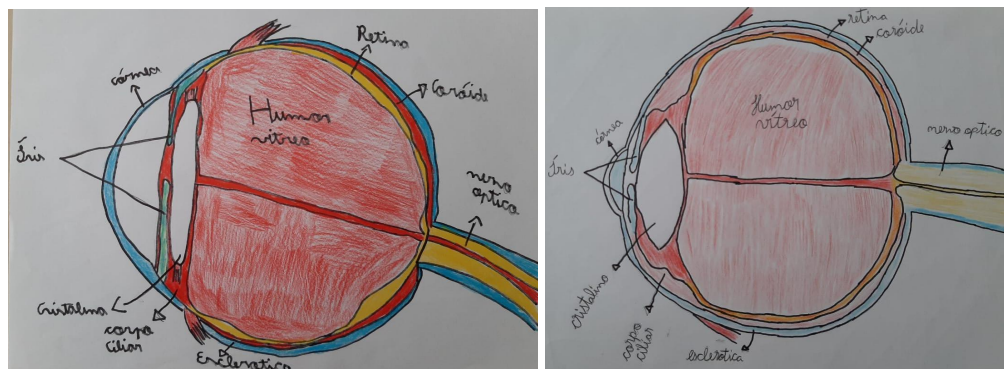
Figura 83: Desenhos dos olhos feitos pelos estudantes



Fonte: Acervo do autor

Os desenhos das figuras 83 e 84 foram feitos pelo GRUPO B com base no desenho entregue a cada um dos estudantes já que os mesmos não possuem livro didático. A atividade foi feita em sala de aula e este grupo levou aproximadamente 60 minutos para produzir o desenho.

Figura 84: Desenhos dos olhos feitos pelos estudantes

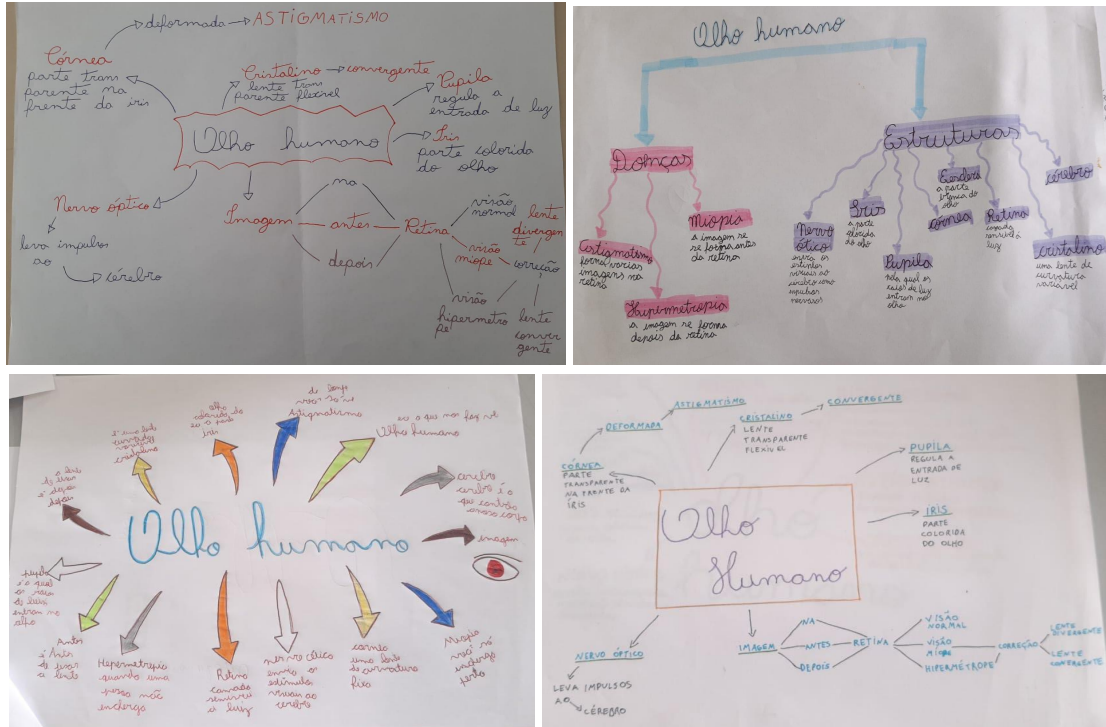


Fonte: Acervo do autor

A partir dos registros das figuras 82, 83 e 84 é possível perceber que os estudantes tiveram a oportunidade de localizar os componentes principais do olho humano depois de participarem da exposição da maquete disponível na escola com explicação oral seguida da atividade de pesquisa realizada como tarefa. Durante a realização do desenho, o estudante pode reconhecer as cores utilizadas para a representação facilitando a produção do olho de massinha de modelar produzido na sequência das atividades.

Para finalizar o relatório da aplicação da sequência didática seguem alguns registros dos mapas mentais produzidos pelos estudantes apresentados na figura 85:

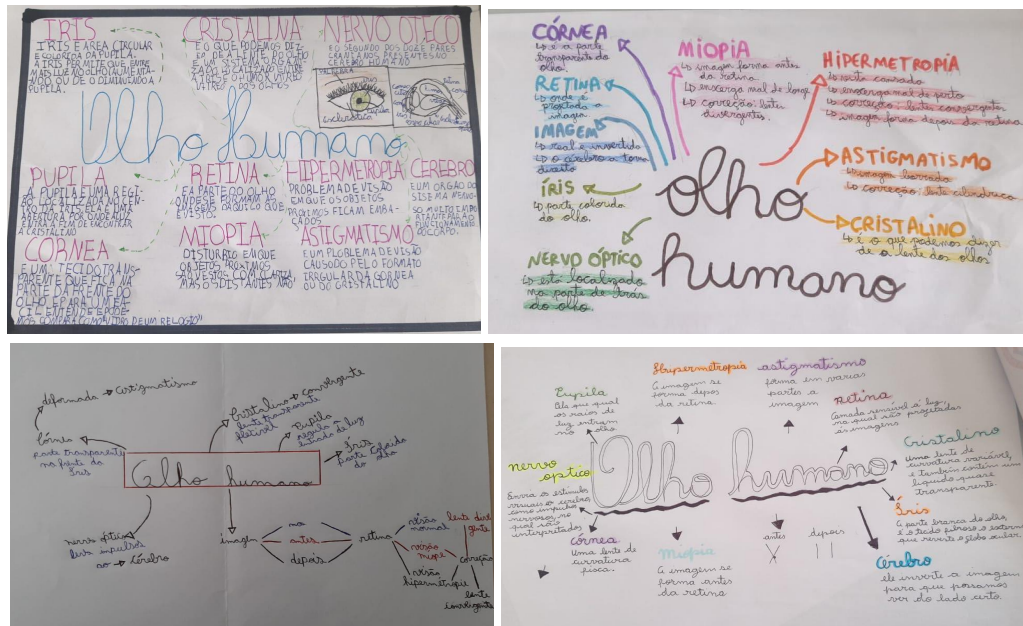
Figura 85: Mapa mental feito pelos estudantes



Fonte: Acervo do autor

Nas figuras 85 e 86 podemos observar a produção de oito dos mapas mentais construídos em sala de aula juntamente instigando a participação coletiva dos estudantes na construção do mapa. Dessa maneira, esse é o resultado da construção coletiva.

Figura 86: Mapa mental feito pelos estudantes



Fonte: Acervo do autor

A proposta inicial era que cada estudante construísse seu mapa mental. No entanto, esses estudantes nunca haviam realizado a construção de um mapa mental, nem conheciam o significado do mesmo. Dessa maneira alternativa encontrada foi a realização coletiva com direcionamento do professor. Mesmo com a construção coletiva é possível

observar grandes diferenças entre cada um dos mapas mentais, evidenciando a particularidade de cada estudante.

### **GRUPO A**

O GRUPO A seguiu a mesma ordem de aplicação do GRUPO B, por esse motivo o relatório de aplicação segue com a mesma descrição apresentando apenas algumas particularidades mencionadas abaixo.

#### **Aula 1 dia 06 de julho com 2 horas/aula**

Apresentação formal sobre as atividades que irão seguir por aproximadamente 10 aulas, breve abordagem do olho humano e seus componentes com apresentação dos dois vídeos e manuseio da maquete do olho disponível no laboratório.

Introdução aos defeitos da visão com aplicação do experimento inicial seguido de registros no caderno sobre o experimento realizado. Seguida da solicitação da pesquisa do significado e função dos componentes do olho finalizando com a solicitação da massinha e material para confecção da câmara escura.

#### **Aula 2 dia 08 de julho com 2 horas/aula**

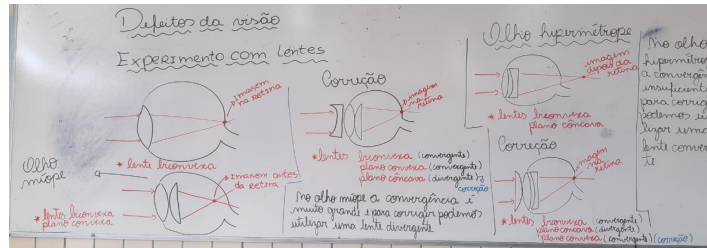
Correção da pesquisa com os nomes e funções das partes do olho e construção do desenho do olho. Este grupo não tem livro, então o desenho foi feito com base em um desenho diferente do grupo B. Seguido da classificação das lentes em convergentes e divergentes a partir da utilização do laser sendo incidido em cada uma das lentes. Explicação da nomenclatura das lentes e registros no caderno de ciências.

#### **Aula 3 dia 09 de julho com 3 horas/aula**

Construção da câmara escura e experimentação com a visualização da imagem invertida dos alunos e da chama da vela.

Experimento dos problemas da visão com as lentes e o laser e as correções. Durante a experimentação da miopia e da hipermetropia, os estudantes sugeriram quais lentes poderiam resolver o problema e ao final de cada caso foi feita uma representação com desenho e definições construída junto com os estudantes como mostra a figura 87. Essa construção foi registrada no caderno de cada estudante.

Figura 87: Imagens dos registros do experimento final feitos no quadro



Fonte: Acervo do autor

#### Aula 4 dia 20 de julho com 2 horas/aula

Construção do olho de massinha. Na figura 88 temos o registro de todas as produções dos olhos de massinha de modelar feita pelos alunos do sexto ano. Na imagem 88 podemos ver a representação em pares do olho em três dimensões e a planificação de um corte transversal do olho.

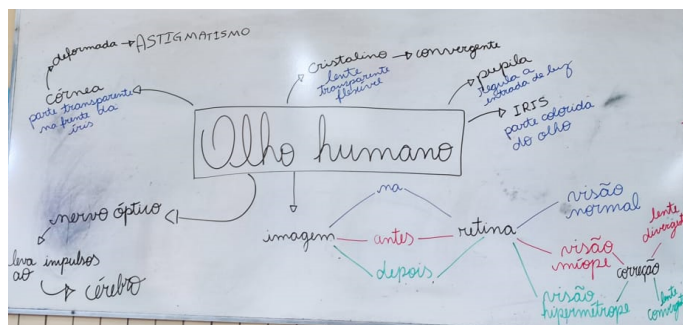
Figura 88: Imagens dos olhos de massinha feitos pelos alunos do sexto ano



Fonte: Acervo do autor

Uma sugestão para possível aplicação futura é utilizar a massa de EVA, pois a massinha de modelar comum apresentou criação de mofo e rigidez menos de dois dias após a confecção. Após a confecção do olho de massinha de modelar houve a solicitação do mapa mental que será recolhido no dia 21 de julho. Para a confecção do mapa mental foi realizada a confecção de um exemplo no quadro com a participação ativa dos estudantes registrado na figura 89.

Figura 89: Imagens do exemplo de mapa mental feito junto com os estudantes



Fonte: Acervo do autor

Finalizando a aula foi realizada a atividade avaliativa disponível no planejamento, com uso do caderno.

## 5.6 ANÁLISE DA APLICAÇÃO

Durante a aplicação da proposta de sequência didática no ensino médio foi possível observar a diferença do comportamento dos estudantes em cada etapa da sequência didática ficando evidente o maior engajamento dos estudantes quando a estratégia utilizada se tratava da inserção de uma metodologia pouco utilizada no dia a dia escolar da classe, sendo relato dos próprios estudantes ser mais interessante as aulas experimentais, com uso de experimentos e da lousa digital.

De maneira geral o ensino médio se mostrou muito proativo durante todo o período de aplicação porém nos minutos que antecederam a atividade avaliativa ficou perceptível a existência de insegurança pelo fato de ser uma “PROVA”, deixando claro a existência de grande pressão nesses momentos avaliativos, no entanto nas demais atividades que também somavam nota não houve a presença desse comportamento, mesmo todas as atividades tendo caráter avaliativo, sendo este um item relevante para possíveis discussões futuras.

Observando o aproveitamento do ensino médio ficou evidente o aproveitamento satisfatório dos estudantes quando seu rendimento e engajamento nas atividades desenvolvidas durante a aplicação da proposta de sequência didática.

Analisando a aplicação no ensino fundamental foi possível perceber inicialmente certa resistência dos estudantes quanto a presença de outra pessoa. Após as abordagens iniciais os estudantes passaram a agir de forma mais conformada melhorando muito o

comportamento quando mencionado a existências de vários experimentos durante as próximas aulas de ciências.

A aplicação no ensino fundamental tornou-se um pouco mais complicada pelo fato da turma estar vivenciando um escalonamento, permanecendo uma semana na escola e uma semana em casa, o que fez com que fosse necessário algumas revisões sempre que os estudantes retornavam às atividades na escola.

De maneira geral o aproveitamento dos estudantes assim como no ensino médio também foi satisfatório havendo a mesma resistência à atividade avaliativa final considerada como “PROVA”.

Ao finalizar ambas as aplicações não se pode deixar de falar que este planejamento está pronto e acabado, isso quer dizer que da mesma maneira que as estratégias mesmo sendo semelhantes foram adaptadas a cada nível de ensino isso também se aplica a diferentes classes, escolas e realidades.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Trabalhar com o processo de ensino aprendizagem sempre foi uma tarefa que exige estudo, dedicação, reflexão e aperfeiçoamento do profissional atuante. O estudo desenvolvido durante a construção dessa dissertação demonstrou essa afirmação de várias maneiras que abrangem desde sua ideia inicial, busca por embasamento teórico, execução e escrita final. Sem dúvidas a ação docente tem grande relevância para o processo de ensino em todas as suas áreas, porém durante a realização deste trabalho essa complexidade foi vivenciada especificamente no ensino de física, deixando claro que a busca constante por aperfeiçoamento no que diz respeito aos métodos de aplicação das aulas visando promover situações que favoreçam a existência da aprendizagem significativa crítica é fundamental e acima de tudo essencial além de ser uma ação que deve ser constante durante todo o trabalho docente.

Conhecer o estudante através da análise do questionário aplicado proporcionou clareza quanto às carências existentes nas aulas de física vivenciadas na realidade em que se está trabalhando. Mesmo demandando tempo para a análise dos resultados, em aulas na modalidade presencial o professor pode fazer tal ação através de conversa com os estudantes nas aulas iniciais, para a partir daí ajustar o planejamento de suas aulas, gerando subsídios para a criação de um ambiente que possa proporcionar uma aprendizagem significativa crítica, não centrada no livro texto ou apenas em estratégias repetidas sem alternar métodos.

Na construção do produto educacional pôde-se perceber que, é possível planejar uma sequência didática potencialmente significativa, utilizando a experimentação e uma variedade metodológica envolvendo materiais disponíveis na escola e/ou de baixo custo que além de serem reutilizados em outras classes podem render aproximação do estudante com o processo de ensino aprendizagem no que diz respeito à trazer significado ao aprendizado do objeto de estudo trabalhado naquele momento.

Constata-se, através dos resultados e relatos obtidos, que por se tratar de uma situação presente no dia a dia do estudante, já que este pode fazer o uso de óculos ou lentes de contato ou conhecer alguém que faça o uso de tal adereço, oportuniza a vivência da familiaridade com o objeto de estudo a ser trabalhado bem como possibilita a constatação da utilidade e importância do desenvolvimento da ciência.

A proposta de sequência didática da presente dissertação foi, portanto, a disponibilização de mais uma alternativa metodológica acessível aos professores de física do



ensino básico que possibilite a melhora do panorama atual de degeneração da credibilidade das ciências e do ensino de ciências embasada na Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica, onde foi possível o desenvolvimento de uma representação aproximada dos problemas da visão no olho humano.

Durante a aplicação do produto educacional foi observado que a variedade metodológica trouxe leveza ao processo de ensino, ou seja, fez o estudante integrar-se ao processo de ensino de forma natural, sem perceber que está de fato cumprindo uma tarefa rotineira e obrigatória que pode trazer cansaço e falta de interesse. Foi observado nos estudantes grande ansiedade pela realização de atividades práticas em que o estudante pudesse desenvolver e construir atividades fora de seu caderno e de seu livro didático. Em seus relatos ao final da aplicação do produto educacional, foi evidenciado que as aulas que mais fizeram significado e trouxeram interesse foram àquelas diferentes das aulas rotineiras na disciplina de física.

Este relato foi de grande importância e corrobora com o propósito inicial existente antes mesmo da elaboração deste trabalho. Proporcionar um ambiente que possibilite a visualização da grandeza, importância, relevância e magnitude da física sempre foi a motivação principal de todas as aulas que leciono e receber esse respaldo do estudante foi de grande satisfação e motivo de grande motivação para a busca cada vez maior em gerar ambientes potencialmente significativos aos estudantes.

Nesse momento deixo claro que a proposta apresentada neste trabalho é produto da realidade apresentada no tempo em que este trabalho foi desenvolvido, ou seja, adaptações devem ser consideradas quando aplicada em outra realidade e outro tempo, uma vez que a mudança é parte do processo de ensino aprendizagem. Isso quer dizer que a busca por diferentes estratégias não deve ter fim, não deve apresentar respostas prontas nem receitas acabadas.

## REFERÊNCIAS

ALVES, Adenirto; FREITAS, Alison. **Ensino de física a partir do olho humano e defeitos da visão**. Disponível em:

[https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conapesc/2017/TRABALHO\\_EV070\\_MD4\\_SA5\\_ID586\\_23032017233242.pdf](https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conapesc/2017/TRABALHO_EV070_MD4_SA5_ID586_23032017233242.pdf) acessado dia 21 de março de 2021 as 11 horas e 40 minutos.

AUSUBEL, David P. (1963). *The psychology of meaningful verbal learning*. New York: Grune and Stratton. 685 p.

AUSUBEL, David P. (2000). *The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 212p.

BERNARDES, Luana. **Olhos**. Todo Estudo. Disponível em:

<https://www.todoestudo.com.br/biologia/olhos> . Acesso em: 25 de agosto de 2021.

BONFADINI, Gustavo. **O que é miopia?** IORJ, Rio de Janeiro. Disponível em:

<https://iorj.med.br/o-que-e-miopia/> acessado em 20 de março de 2021 às 11 horas.

BRIGNONI, Caroline Prado; SOUZA, Paulo Henrique de. **Experimento didático formativo: a formação da imagem no olho humano**. Produto educacional vinculado à dissertação. Jataí - GO, 2018. Disponível em:

[https://repositorio.ifg.edu.br/bitstream/prefix/465/2/produto\\_Caroline%20Prado%20Brignoni.pdf](https://repositorio.ifg.edu.br/bitstream/prefix/465/2/produto_Caroline%20Prado%20Brignoni.pdf) acessado em 21 de março das 2021 às 11 horas e 27 minutos.

CANTO, Eduardo Leite do; CANTO, Laura Celloto. **Ciências Naturais: Aprendendo com o cotidiano**. São Paulo: MODERNA, 6º Ed., 2018.

CAVALCANTE, Marisa Almeida; TAVOLARO, Cristiane Rodrigues Caetano; MOLISANI, Elio. Física com Arduino para iniciantes. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s.l.], v. 33, n. 4, p.4503-4503, dez. 2011. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1806-11172011000400018>.

REF. **Física 2: física térmica, óptica**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 5º Ed, 2000.

HALLIDAY, David. **Fundamentos de física: Óptica e Física Moderna**. Rio de Janeiro: LTC, 10º Ed, 2016.

LIRA, Dorisvan. **Com experimento e exposição, seminário fala dos principais problemas da visão**. UNIRIOS, 2016. Disponível em:  
<https://www.unirios.edu.br/noticias/3936/com-experimento-e-exposicao-seminario-fala-dos-principais-problemas-da-visao-> acessado em 21 de março de 2021 as 11 horas e 29 minutos.

MACHADO, Cláudia Gonçalves; VICENTINI, Eduardo. **A Ótica do Olho Humano**. Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor PDE, Artigos, 2014. Disponível em:  
[http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes\\_pde/2014/2014\\_unicentro\\_fis\\_artigo\\_claudia\\_goncalves\\_machado.pdf](http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2014/2014_unicentro_fis_artigo_claudia_goncalves_machado.pdf) acessado em 21 de março de 2021 as 11 horas e 36 minutos.

MACHADO, Luciene Oliveira. **As lentes e a visão humana**. Relatório final. Campinas, 2008. Disponível em:  
[https://sites.ifi.unicamp.br/lunazzi/files/2014/03/LucieneO-Costa\\_RF2.pdf.pdf](https://sites.ifi.unicamp.br/lunazzi/files/2014/03/LucieneO-Costa_RF2.pdf.pdf) acessado em 21 de março de 2021 as 11 horas e 28 minutos.

MOREIRA, Marco Antônio. **Aprendizagem Significativa Crítica**. Porto Alegre: UFRGS, 2000.

MOREIRA, Marco Antônio. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1998.

MOREIRA, Michele Maria Paulino Carneiro et al. Contribuições do Arduino no ensino de Física: uma revisão sistemática de publicações na área do ensino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, S.l., v. 35, n. 3, p.721-745, dez. 2018.

OLIVEIRA, Lais. **ENEM 2020: média geral das áreas do conhecimento aumenta, mas não significa melhora real**. 2021. Disponível em:  
<https://www.opovo.com.br/noticias/brasil/2021/04/01/enem-2020--media-geral-das-areas-de-conhecimento-aumenta--mas-nao-significa-melhora-real.html>, acesso em 22 de agosto de 2021 às 15 horas e 50 minutos.

PIETROCOLA, Maurício; et. al.. **Física em contextos**. Vol 2. São Paulo: Editora do Brasil, 1º Ed, 2016.

PIETROCOLA, Maurício; et. al.. **Metodologia do Ensino de Física I: Óptica do olho Humano**. USP, São Paulo. 2010. Disponível em:  
[http://paje.fe.usp.br/~mef-pietro/mef2/app.upload/195/Sequencia\\_didatica\\_optica\\_do\\_olho\\_humano\\_2010.pdf](http://paje.fe.usp.br/~mef-pietro/mef2/app.upload/195/Sequencia_didatica_optica_do_olho_humano_2010.pdf)

acessado em 21 de março de 2021 as 11 horas e 38 minutos.

Postman, Neil & Weingartner, Charles (1969). Teaching as a subversive activity. New York: Dell Publishing Co. 219p.

SERWAY, Raymond A.; JR., John W. Jewett. **PRINCÍPIOS DE FÍSICA VOL IV: Óptica e Física Moderna**. São Paulo: Cengage Learning, 3º Ed, 2010.

VARELA, Leciani Eufrásio Coelho. **Sentido: Visão**. Material de apoio ao professor de ciências. Produto Educacional UFSC, 2016. Disponível em:  
[https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/168983/produtoEducacional\\_leciani.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/168983/produtoEducacional_leciani.pdf?sequence=2&isAllowed=y) acessado em 21 de março de 2021 as 11 horas e 31 minutos.

VIEIRA, Roselma Pena. **Maquete que simula visão humana engaja alunos em aulas de ciências**. Disponível em:  
<https://diversa.org.br/relatos-de-experiencia/maquete-que-simula-visao-humana-engaja-alunos-em-aulas-de-ciencias/> acessado em 03 de março as 11 horas e 41 minutos.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A.. **Física IV: Ótica e física moderna**. São Paulo: Addison Wesley, 12º Ed, 2009.

**APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**

**CAMPUS ARARANGUÁ**

**MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**MATERIAL PARA O PROFESSOR DE FÍSICA**

**Estudo das lentes em óptica geométrica: Olho humano, problemas da visão e possibilidades de correção.**

Luana Michels

Orientadora Prof. Dr<sup>a</sup>. Marcia Martins Szortyka.

Araranguá

2022

## APRESENTAÇÃO

Caro (a) professor (a):

O processo de ensino aprendizagem exige do professor constante aperfeiçoamento de suas estratégias e métodos para que se possa proporcionar ambientes potencialmente significativos ao estudante, para que este possa construir uma aprendizagem não apenas significativa, mas também crítica, formando seres humanos atuantes na sociedade proporcionando mudanças positivas no meio em que vivem.

Este produto educacional foi desenvolvido como parte da dissertação de mestrado *Resgate do ensino de física por meio de proposta de sequência didática com uso de experimentação para abordagem da óptica geométrica no estudo de lentes*.

**SUMÁRIO**

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>99</b>
<b>2</b>	<b>PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO MÉDIO.....</b>	<b>100</b>
<b>3</b>	<b>SUGESTÃO DE QUESTÕES PARA ATIVIDADE AVALIATIVA TIPO PROVA.</b>	<b>146</b>
<b>4</b>	<b>MATERIAL DO ALUNO.....</b>	<b>150</b>
<b>5</b>	<b>PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO FUNDAMENTAL.</b>	<b>177</b>
<b>6</b>	<b>SUGESTÃO DE QUESTÕES PARA ATIVIDADE AVALIATIVA TIPO PROVA.</b>	<b>188</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>192</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>194</b>



## INTRODUÇÃO

Este produto foi pensado com o objetivo de proporcionar material adequado para o ensino de física por meio de aplicação metodologias e estratégias pouco utilizadas na realidade dos estudantes, que de forma geral sabem que a física é importante, porém não vem atratividade e utilidade ao estudar a mesma em sala de aula.

O produto é dividido em cinco partes, a primeira delas é a proposta de sequência didática para o ensino médio. A segunda delas é o material do aluno que pode ser entregue ao aluno do ensino médio seguido com a terceira parte que são sugestões de questões para atividade avaliativa tipo prova.

A quarta parte vem com a proposta de sequência didática para o ensino fundamental seguida com a última parte que são sugestões de questões para atividade avaliativa tipo prova para o ensino fundamental.

A primeira sequência didática trás a abordagem inicial com uso da experimentação com uso das lentes e laser, seguida de discussões sobre os problemas da visão e características do olho humano trabalhando com a experimentação da câmara escura. Seguindo com embasamento teórico de física com reconhecimentos das lentes, características e aplicação de equações realizando a verificação da equação de gauss e do aumento linear transversal através de desenho em tamanho real. Finalizando a sequência com nova aplicação do experimento com uso das lentes e laser para testar as possibilidades de correção dos defeitos da visão. Após o experimento há a construção de um mapa mental sobre todos os objetos de estudo trabalhados.

A segunda proposta de sequência didática é semelhante à primeira, porém não aborda as equações aplicadas às lentes delgadas e acrescenta a construção do olho de massinha de modelar, proporcionando o aprendizado de maneira mais lúdica nas aulas de ciências.

# 1 PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO MÉDIO

## SUGESTÃO DE PLANO DE AULA PARA O ENSINO MÉDIO

TEMA: Proposta de sequência didática com uso de experimentação para abordagem da óptica geométrica no estudo de lentes.

### OBJETIVOS

#### **Objetivo geral**

- Promover a construção do conhecimento sobre lentes, a morfologia do olho humano e os problemas de visão utilizando diferentes metodologias, sob a luz da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira.

#### **Objetivos específicos**

##### **Aula 1 – 90 minutos (2 horas/aula)**

- Apresentar o experimento com a intenção de desenvolver a curiosidade dos estudantes e facilitar o engajamento no processo de ensino.
- Identificar os diferentes tipos de lentes, bem como suas características de vergência e convergência, por meio do manuseio das lentes e uso de laser;
- Observar as representações dos tipos de lentes e suas características de vergência e convergência;

##### **Aula 2 – 90 minutos (2 horas/aula)**

- Construir as imagens a partir das posições dos objetos em relação as lentes utilizando os raios particulares;

##### **Aula 3 –180 minutos (4 horas/aula)**

- Utilizar as equações das lentes na resolução de exemplos sobre formação das imagens;

- Provar a validade da equação de Gauss através de um desenho em tamanho real;
- Resolver exercícios utilizando a equação de Gauss e aumento linear;

#### **Aula 4 – 90 minutos (2 horas/aula)**

- Utilizar a equação dos fabricantes de lentes na resolução de problemas;

#### **Aula 5 – 90 minutos (2 horas/aula)**

- Analisar a combinação do uso de lentes calculando a posição e características da imagem formada com a associação;

#### **Aula 6 – 90 minutos (2 horas/aula)**

- Identificar a morfologia do olho humano;
- Elaborar um desenho sobre a morfologia e identificando os elementos do olho humano;
- Observar a representação da formação da imagem em um olho normal, míope e hipermetrope através do experimento;

#### **Aula 7 – 180 minutos (4 horas/aula)**

- Revisar a representação da formação da imagem em um olho míope e hipermetrope através do experimento;
- Testar as combinações das lentes que possibilitem observar os efeitos da correção dos defeitos da visão observados no experimento;

#### **Aula 8 – 90 minutos (2 horas/aula)**

- Produzir um mapa mental sobre a morfologia do olho humano, defeitos da visão e correção com o uso de lentes a partir do texto e representações entregues ao estudante.

#### **CONTEÚDO TRABALHADO**

- Lentes esféricas;
- Olho humano;
- Defeitos da visão;

- Efeitos da correção dos defeitos da visão com uso de lentes esféricas.

## METODOLOGIA

### **Aula 1 – 90 minutos (2 horas/aula):**

- Apresentação formal com identificação do trabalho a ser realizado com os estudantes durante aproximadamente 20 aulas;
- Entrega de material;
- Discussão do cronograma e componentes curriculares;
- Experimento inicial;
- Tipos de lentes;
- Comportamento dos raios de luz incididos nas lentes;
- Raios Particulares;
- Câmara escura.

Sugestão: Acrescentar discussão sobre a câmera fotográfica de celular, lentes externas para celular, mais de uma lente em um celular.

## **INTRODUÇÃO E EXPERIMENTO**

A abordagem inicial se dá por meio de questionamentos acerca da utilidade de instrumentos ópticos para que os estudantes possam se familiarizar com pontos cruciais do tema a ser trabalhado e sua relação com a realidade. A cada questionamento é sugerido que se instigue a participação dos estudantes na discussão.

### **Questionamentos:**

Você já parou para pensar o que o óculos faz na frente do nosso olho que nos faz enxergar melhor? O que microscópios, lunetas, binóculos e telescópios fazem que nos permite ver coisas muito pequenas ou coisas que estão muito longe com uma nitidez melhor e muitas vezes bem precisa dos objetos?

Figura 1: Óculos



Fonte: ativosaude

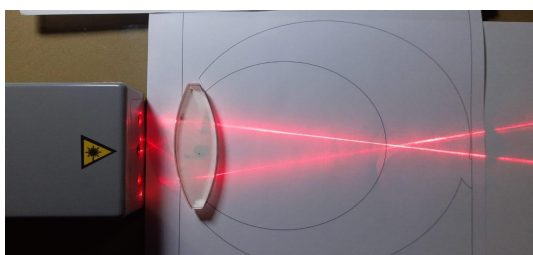
Para tentar responder essas perguntas, vamos fazer um experimento que simula como funciona o olho humano saudável e com defeitos de visão, dando início a uma série de estudos e ações que poderão facilitar a aprendizagem.

### EXPERIMENTO INICIAL

Neste momento faremos uma breve demonstração do experimento com abordagem investigativa dos conhecimentos prévios dos alunos.

**OLHO NORMAL:** Apresentação da representação da formação da imagem em um olho normal. No material do aluno o estudante faz o desenho representando o fenômeno observado

Figura 2: Representação do olho normal

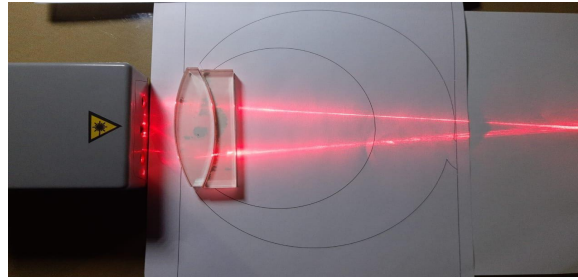


Fonte: acervo do autor

Nesse momento deve ser feita a identificação do ponto onde a imagem é formada.

**OLHO HIPERMÉTROPE:** Apresentação da representação da formação da imagem em um olho hipermetrope. No material do aluno o estudante faz o desenho representando o fenômeno observado

Figura 3: Representação do olho hipermétrope

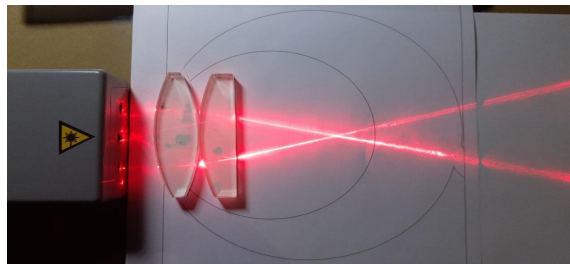


Fonte: acervo do autor

Nesse momento deve ser feita a identificação do ponto onde a imagem é formada, seguida da comparação das posições dos pontos entre o olho normal e o olho hipermetrope.

OLHO MIOPE: Apresentação da representação da formação da imagem em um olho míope. No material do aluno o estudante faz o desenho representando o fenômeno observado.

Figura 4: Representação do olho míope



Fonte: acervo do autor

Nesse momento deve ser feita a identificação do ponto onde a imagem é formada, seguida da comparação das posições dos pontos entre o olho normal e o olho míope. **No material do aluno o estudante escreve a comparação do local onde a imagem é formada no olho normal, míope e hipermetrope.**

DESAFIO: Apresentação do desafio: combinar lentes de modo a representar os efeitos da correção feitas por lentes de contato, óculos e cirurgias quando apresentados os seguintes problemas na visão.

*Deixar claro que estamos trabalhando com combinações de lentes que são limitadas a observar os efeitos da correção, tendo em vista que a correção com uso de lentes se dá na frente do olho e talvez nesse experimento precisaremos combinar lentes atrás do olho.*

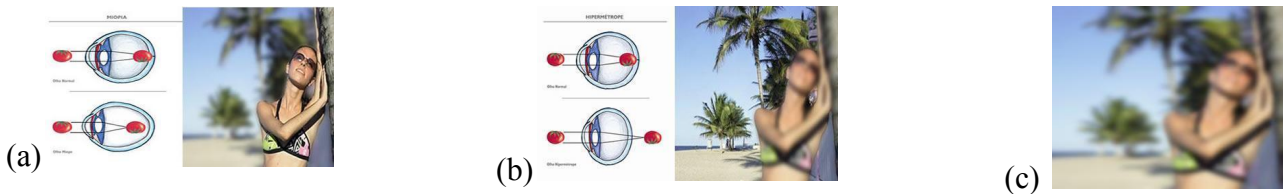
Durante o experimento é possível que o estudante questione por qual motivo a luz que incide

na lente sofre desvios, logo fica como sugestão falar da refração apresentando a definição:

“Estes desvios, em que ocorre mudança na direção de propagação da luz nos meios transparentes, estão associados à mudança de meio ou à variação de densidade de um mesmo meio. Nestas situações está presente um fenômeno chamado refração da luz.”

Depois do experimento mostrar as imagens de como as pessoas enxergam com alguns defeitos da visão e questionando os estudantes sobre as diferenças nas características de observação de cada um dos defeitos apresentados nas imagens:

Figura 5: Olho com miopia (a), hipermetropia (b) e astigmatismo (c)



Fonte: curiosidade-sobre-miopia

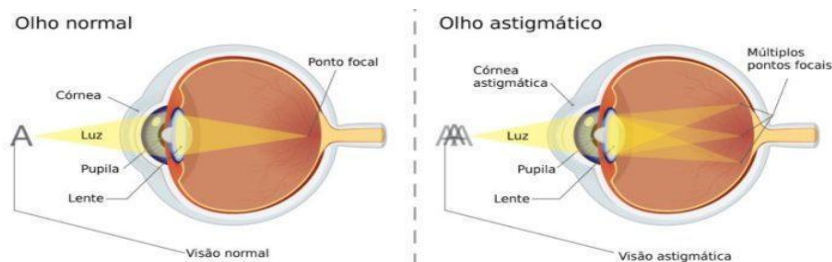
Figura 6: Visão com astigmatismo (esquerda) e Visão normal (direita)



Fonte: brasilescola

Na figura 6 é possível observar como um olho com astigmatismo pode ver as luzes a noite, sendo possível aproveitar esse momento para identificar se algum estudante da classe já percebeu esse fenômeno.

Figura 7: Representação do ponto focal no olho normal e no olho com astigmatismo/normal



Fonte: brasilescola

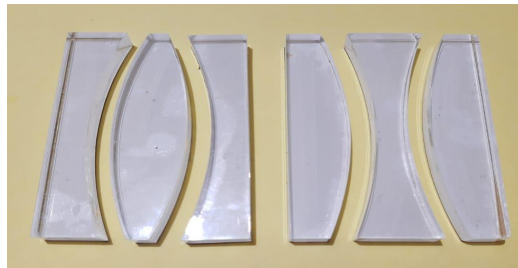
Na figura 7 é possível perceber que o olho com astigmatismo possui mais de um ponto focal o que explica porque a pessoa com astigmatismo observa as imagens embaçadas (como visualizado na figura 5 (c)) graças a sobreposição de imagens em pontos diferentes.

Após a observação e discussão inicial dos defeitos da visão (miopia, hipermetropia e astigmatismo), deixar claro que existem outros problemas relacionados à visão, porém o conjunto de lentes que temos disponível facilita a observação da miopia e hipermetropia, por esse motivo nosso foco será a miopia e a hipermetropia.

## TIPOS DE LENTES

Nesse momento vamos identificar os diferentes tipos de lentes, bem como suas características de vergência e convergência, por meio do manuseio das lentes e uso laser.

Figura 8: Tipos de lentes



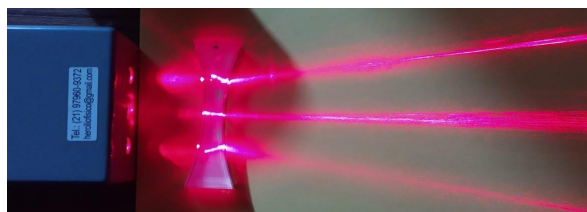
Fonte: acervo do autor

Na figura 8 temos as lentes de acrílico com imã utilizadas no experimento. Da esquerda para a direita temos as lentes: plano côncava, biconvexa, plano côncava, plano convexa, bicôncava e plano convexa.

Para observar o comportamento dos raios luminosos ao trocarem de meio de propagação, vamos utilizar três raios de luz (laser vermelho) incididos nas lentes. Quando os raios passam do ar (meio 1) para a lente de acrílico (meio 2) sofre uma mudança de direção de acordo com o formato da lente.

Nesse momento é recomendado que o estudante faça anotações em seu material sobre o tipo da lente e o comportamento dos raios de luz juntamente com o desenho representando o fenômeno observado.

Figura 9: Laser incidindo na lente bicôncava

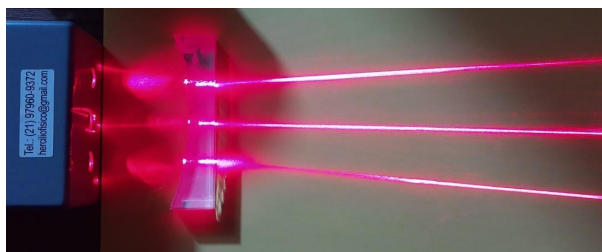


Fonte: acervo do autor



Quando incidimos os raios de luz na lente bicôncava observamos na figura 9 uma divergência no comportamento da luz que emerge da lente.

Figura 10: Laser incidindo na lente plano côncava

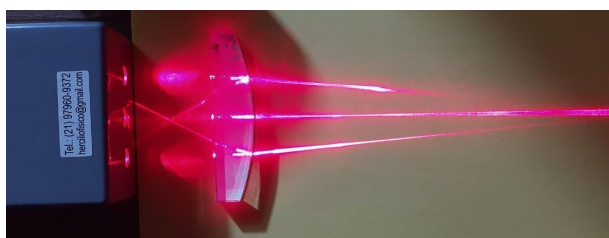


Fonte: acervo do autor

Ao observarmos na figura 10 os raios de luz incidindo na lente plano côncava constatamos uma divergência no comportamento dos raios emergentes, porém é notável uma divergência menor do que aquela apresentada na lente bicôncava.

As figuras 11 e 12 se tratam da mesma lente (plano convexa), no entanto o laser está sendo incidido primeiro no lado plano e segundo no lado convexo, para poder observar possíveis diferenças nos raios emergentes.

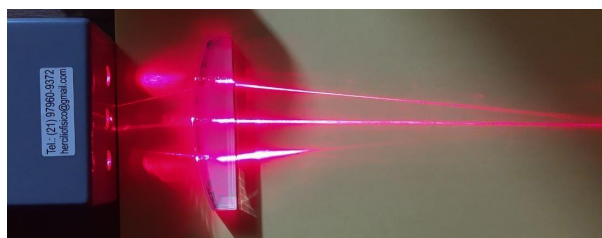
Figura 11: Laser incidindo na lente plano convexa (lado plano)



Fonte: acervo do autor

Ao incidirmos a luz no lado plano da lente plano convexa na figura 11 podemos observar uma convergência nos raios emergentes.

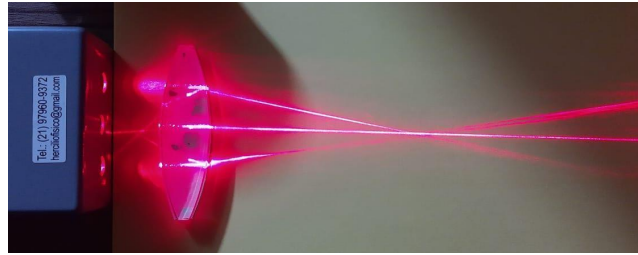
Figura 12: Laser incidindo na lente plano convexa (lado convexo)



Fonte: acervo do autor

Quando incidimos os raios de luz na face convexa da lente plano convexa também observamos uma convergência dos raios emergentes, da mesma maneira observamos os raios sendo refletidos pela face plana, porém a convergência apresentada é mais suave que na observação anterior.

Figura 13: Laser incidindo na lente biconvexa

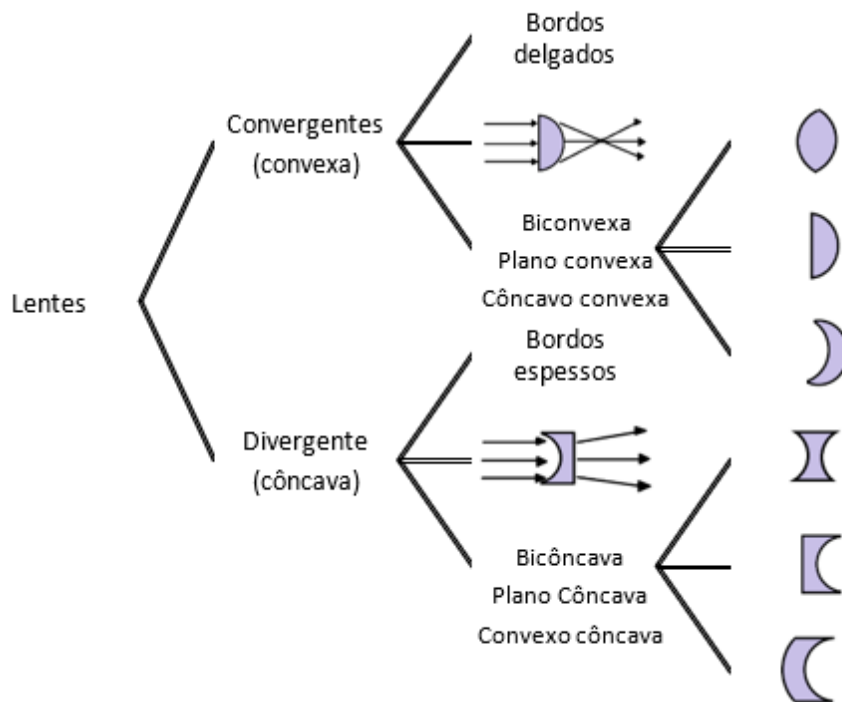


Fonte: acervo do autor

Quando incidimos os raios de luz na lente biconvexa podemos observar uma convergência dos raios emergentes um pouco maior que na lente plano convexa, da mesma maneira observamos uma convergência maior nos raios refletidos.

Seguido das observações e anotações pertinentes segue um esquema simplificado sobre a identificação das representações dos tipos de lentes e suas características de vergência e convergência;

Figura 14: Esquema com os tipos de lentes.



(Fonte: Acervo do autor)

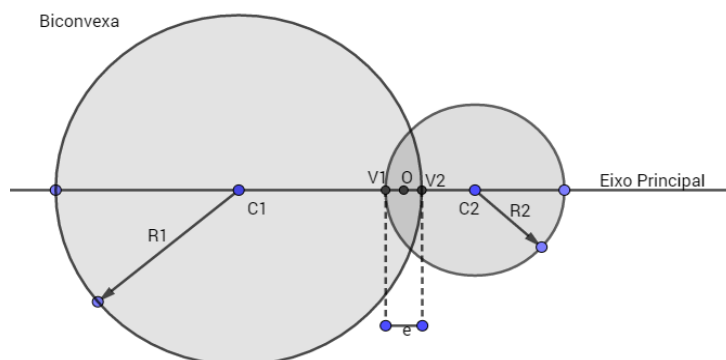
As lentes usam os símbolos de representação: convexa  $\updownarrow$  , côncava  $\text{I}$  .

Para aprofundar o entendimento sobre as lentes e aplicar sua utilidade em exercícios envolvendo as equações de Gauss, aumento linear, vergência e dos fabricantes de lentes é preciso identificar e localizar os componentes ópticos de cada uma das lentes. Seguem os significados de cada componente das lentes representadas nos desenhos logo abaixo:

- $C_1$  e  $C_2$  = centros de curvatura das faces das lentes;
- Reta  $C_1$  e  $C_2$  corresponde ao eixo principal (EP);
- $V_1$  e  $V_2$  = vértices das faces da lente;
- $R_1$  e  $R_2$  = raios das faces da lente;
- $O$  = centro óptico que é o ponto médio de  $V_1$  e  $V_2$ ;
- $e$  = espessura da lente;
- $F_i$  e  $F_o$  = foco principal da imagem e do objeto respectivamente;
- $f$  = distância focal da lente;
- $A_i$  e  $A_o$  = ponto antiprincipal da imagem e do objeto respectivamente. Estes pontos tem a distância igual ao dobro da distância focal da lente.

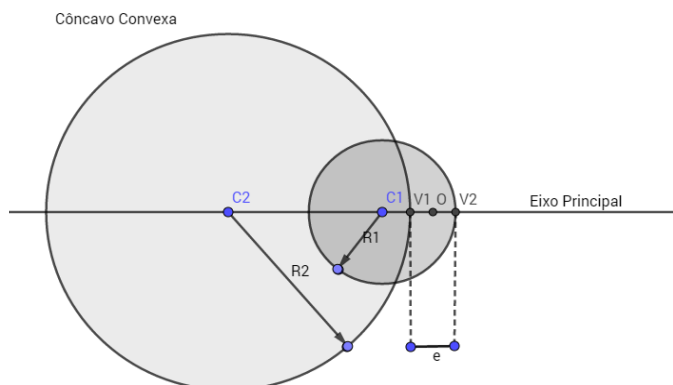
No momento da apresentação dos desenhos das lentes com os componentes ópticos é importante deixar claro onde está a lente, logo fica como sugestão que o estudante destaque (pinte com marca texto por exemplo) a localização da lente em cada uma das figuras 15, 16, 17, 18, 19 e 20 abaixo:

Figura 15: Lente biconvexa com a identificação de cada componente óptico.



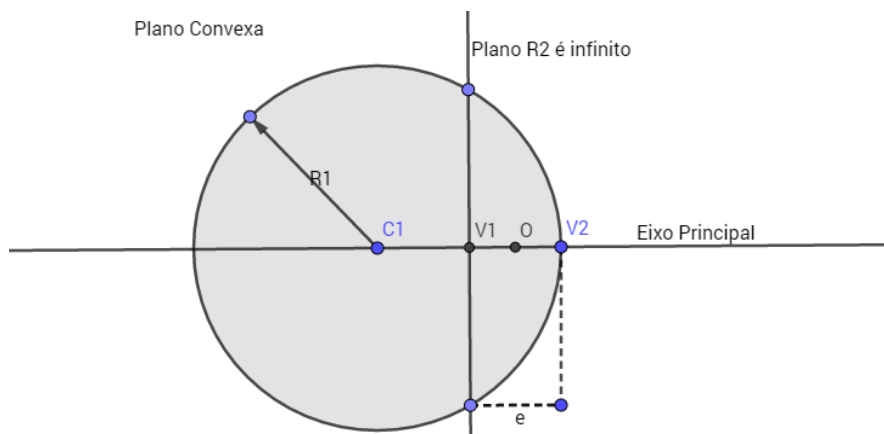
(Fonte: Acervo do autor)

Figura 16: Lente côncavo convexa com a identificação de cada componente óptico.



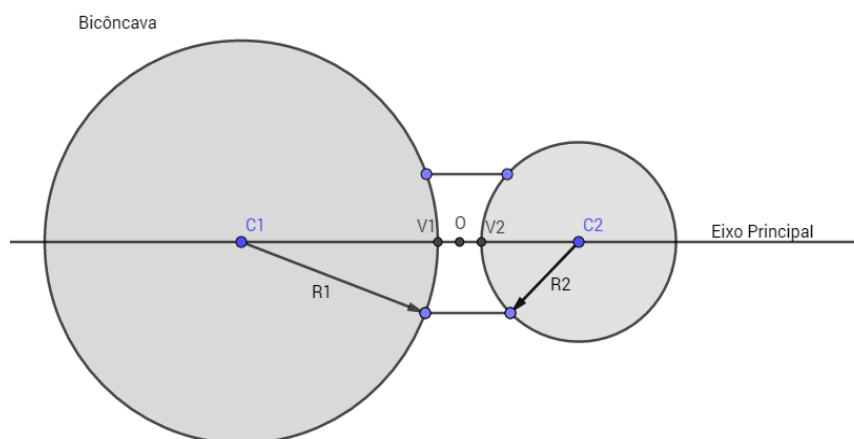
(Fonte: Acervo do autor)

Figura 17: Lente plano convexa com a identificação de cada componente óptico.



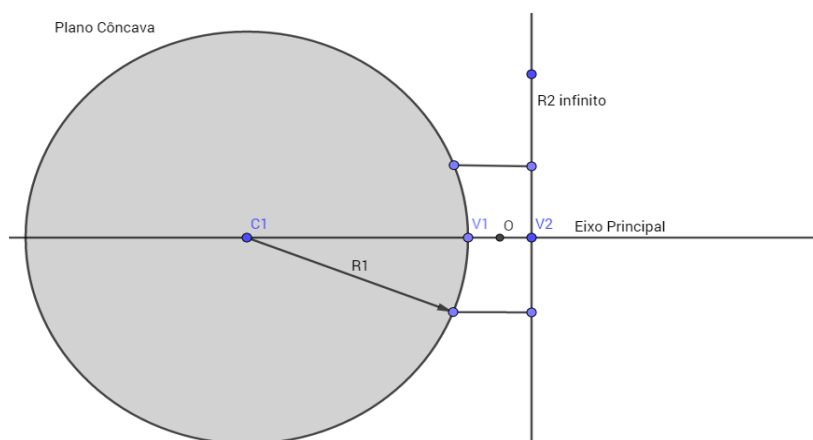
(Fonte: Acervo do autor)

Figura 18: Lente bicôncava com a identificação de cada componente óptico.



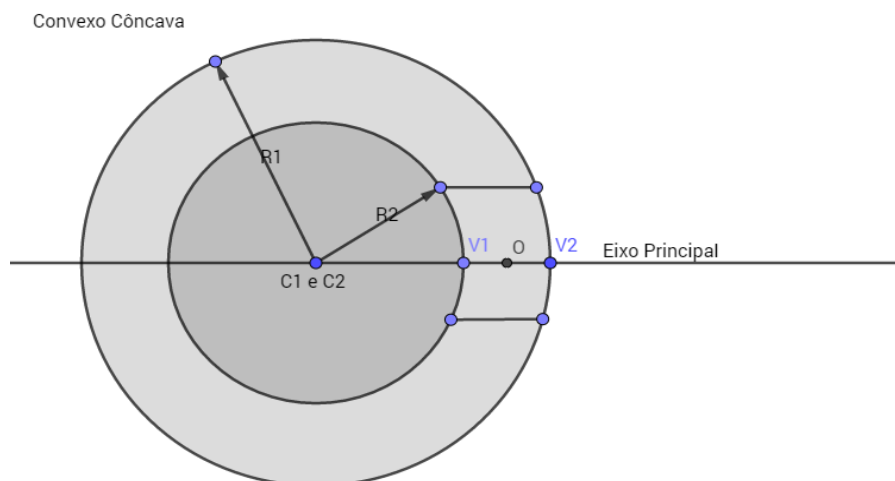
(Fonte: Acervo do autor)

Figura 19: Lente plano côncava com a identificação de cada componente óptico.



(Fonte: Acervo do autor)

Figura 20: Lente convexo côncava com a identificação de cada componente óptico.

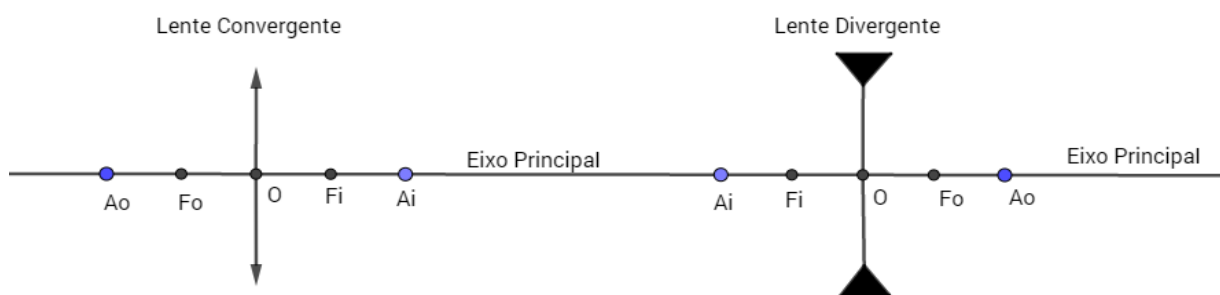


(Fonte: Acervo do autor)

As imagens 15 até 20 podem auxiliar o professor de duas maneiras. A primeira delas é quanto a sua preparação conceitual e pedagógica que o processo de ensino aprendizagem exige, ou seja, a análise e o estudo dessas imagens podem proporcionar esclarecimento quanto a localização dos elementos principais a serem considerados nos cálculos envolvendo lentes. A segunda maneira é referente ao processo de ensino aprendizagem em sua prática, onde o professor pode fazer uso dessas imagens em suas aulas para que os estudantes possam se familiarizar com o significado e localização dos elementos principais das lentes esféricas estudadas naquele momento.

Depois da identificação de cada uma das lentes é preciso utilizar as equações da óptica geométrica e para poder utilizar estas equações, construir imagens a partir da localização dos objetos e desenhar os raios principais é preciso reconhecer a localização dos pontos focais e pontos antiprincipais das lentes convergentes e divergentes apresentados a seguir.

Figura 21: Localização dos pontos focais e antiprincipais nas lentes convergente e divergente



(Fonte: Acervo do autor)

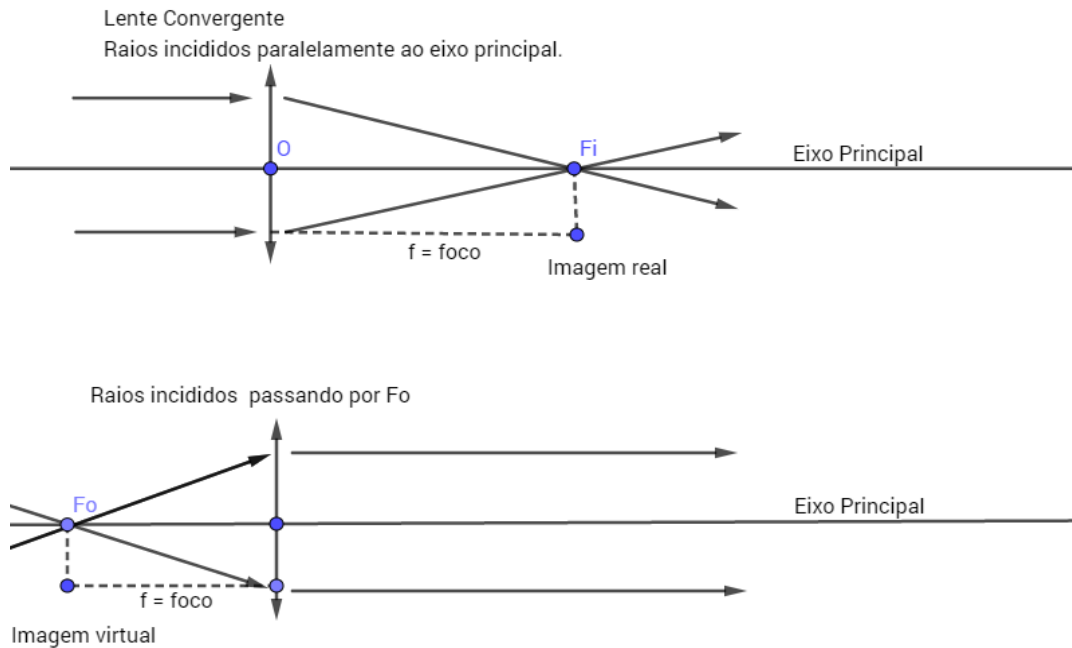
A distância focal  $f$  depende da lente.

Conhecer o foco e comportamento dos raios chamados principais incididos nas lentes convergentes e divergentes é de fundamental e extrema importância na localização das

imagens formadas dos objetos de acordo com as posições em relação às lentes.

Na lente convergente os raios que incidem paralelos ao eixo principal emergem passando por  $F_i$  formando uma imagem real, já os raios que incidem passando por  $F_o$  emergem paralelos ao eixo principal formando uma imagem virtual, como representa a figura.

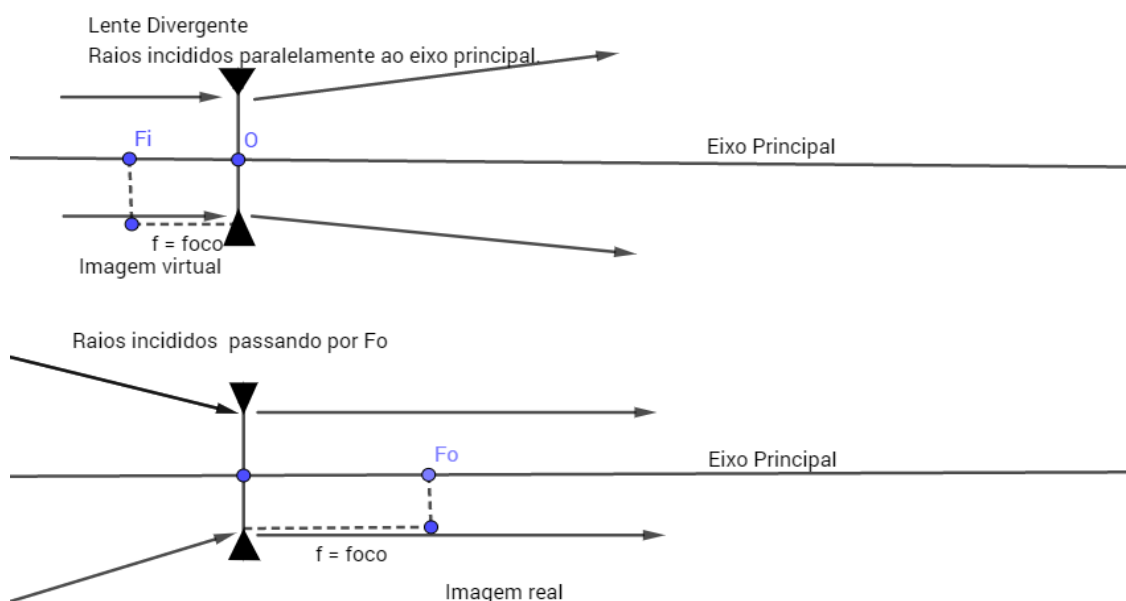
Figura 22: Comportamento dos raios de luz incididos na lente convergente



(Fonte: Acervo do autor)

Na lente divergente os raios que incidem paralelos ao eixo principal emergem passando por  $F_i$  formando uma imagem virtual, já os raios que incidem passando por  $F_o$  emergem paralelos ao eixo principal formando uma imagem real, como representa a figura.

Figura 23: Comportamento dos raios de luz incididos na lente divergente

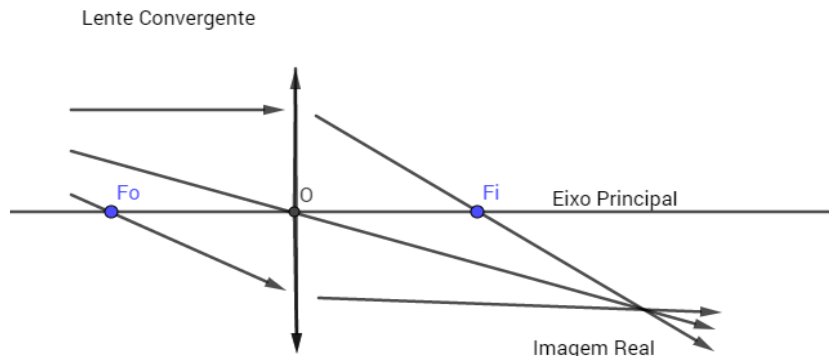


(Fonte: Acervo do autor)

Dessa maneira é perceptível que a forma como o raio de luz emerge da lente depende de

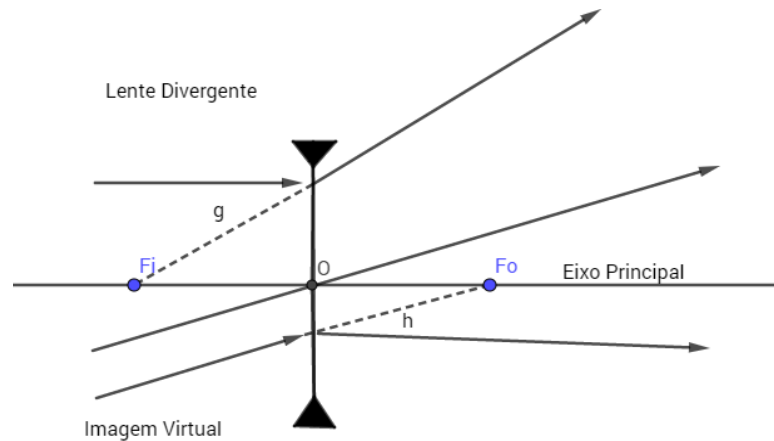
como ele incide na lente. Se um raio de luz incidir paralelamente ao eixo principal ele emerge passando por  $F_i$ . Se um raio de luz incidir passando por O ele emerge sem sofrer desvio. Se um raio de luz incidir passando por  $F_o$  ele emerge paralelamente ao eixo principal. Nas figuras abaixo podemos observar a representação do comportamento das três situações (raios incidentes: paralelo ao eixo principal, passando por O e passando por  $F_o$ ) dos raios incididos na lente convergente e divergente respectivamente.

Figura 24: Três raios de luz incidindo na lente convergente



(Fonte: Acervo do autor)

Figura 25: Três raios de luz incidindo na lente divergente



(Fonte: Acervo do autor)

Para definir a posição e características principais (tamanho e orientação) das imagens são usados pelo menos dois desses raios particulares estudados até agora. Dependendo da posição do objeto próximo a uma lente convergente a imagem se forma com características distintas. Na lente divergente, independente da posição do objeto, a imagem se forma sempre da mesma maneira. Nos próximos desenhos é possível ver a representação dos possíveis casos de posicionamento do objeto e a formação das imagens nos dois tipos de lentes.

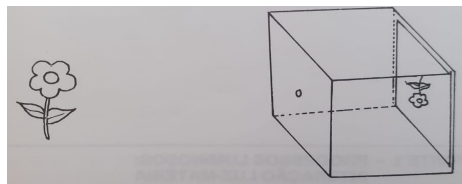
**FORMAÇÃO DAS IMAGENS: Mostrar uma câmara escura com lata de alumínio, tinta preta e papel manteiga para observar a imagem da chama de uma vela invertida.**

Abaixo, apresento uma sugestão de vídeo para confecção da câmara escura vale ressaltar que essa é apenas uma sugestão onde a execução pode ser adaptada, o objetivo principal aqui é observar o fenômeno da imagem invertida.

Link com sugestão de construção da câmara escura disponível no youtube: [Experimento - Câmara Escura](#)

Na sequência está apresentada uma ilustração de uma câmara escura que pode ser mostrada aos estudantes com a intenção de contextualizar o fenômeno observado no experimento da câmara.

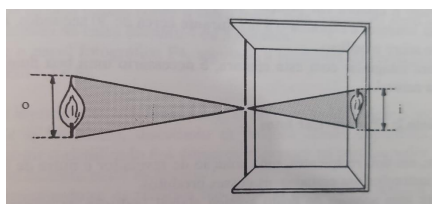
Figura 26: Representação de uma imagem obtida por uma câmara escura com orifício



Fonte: Física 2 GREF página 178

Complementando a figura anterior é possível apresentar a figura da chama da vela com a trajetória dos raios de luz saindo do objeto e formando a imagem invertida dentro da câmara.

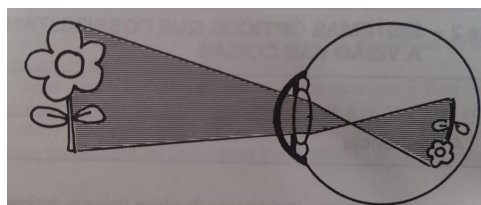
Figura 27: Ilustração da chama da vela na câmara escura



Fonte: Física 2 GREF página 251

Deixar claro aos estudantes que nosso olho funciona de forma semelhante à câmara escura e o objeto que vemos é projetado como uma imagem invertida na retina como representado na imagem:

Figura 28: Representação da imagem invertida no olho humano

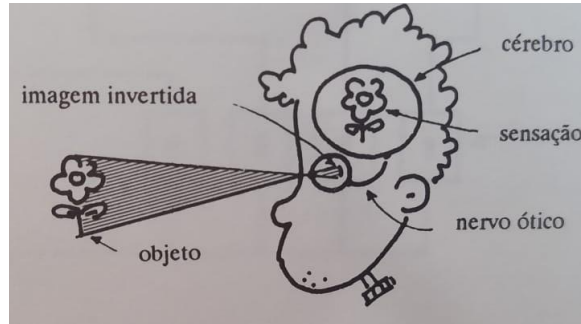


Fonte: Física 2 GREF página 264



O questionamento: “Se a imagem na retina é invertida, por que vemos as coisas na posição normal?” pode ser apresentado aos estudantes, que podem debater entre si. Seguido do debate a imagem a seguir pode ser apresentada:

Figura 29: Representação do sistema que permite a visão



Fonte: Física 2 GREF página 264

Sendo possível observar a representação em que o nervo óptico leva impulsos elétricos até o cérebro que inverte a imagem, dessa maneira não vemos as coisas de “cabeça para baixo”.

## **Aula 2 – 90 minutos (2 horas/aula)**

- **Construção das imagens nas lentes convergente e divergente com resolução de problemas;**

### **CONSTRUÇÃO DAS IMAGENS COM OS RAIOS PARTICULARES**

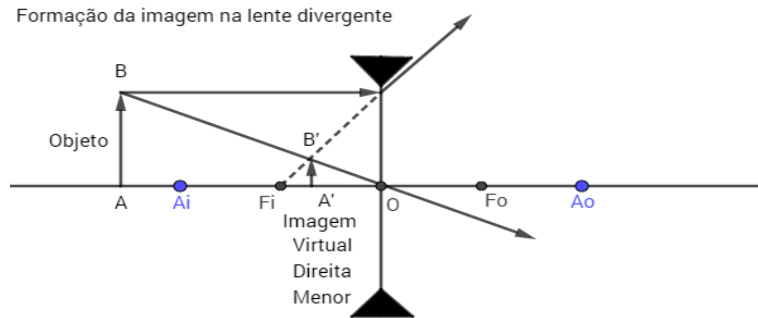
Nessa aula é sugerido que se faça a construção das imagens nas lentes divergentes e convergentes. Essa construção pode ser feita em uma folha A4 ou no caderno, utilizando régua e dois dos raios particulares estudados na aula anterior. Nesse momento é importante que o estudante desenhe primeiro o eixo principal e utilize a régua para localizar os pontos  $A_1$ ,  $F_1$ ,  $O$ ,  $F_2$  e  $A_2$  consecutivos entre si e manter a mesma distância entre eles.

Na sequência temos as imagens que representam as formações das imagens em cada caso nas lentes divergentes e convergentes.

#### **Construção da imagem na lente divergente:**

Deixar claro que na lente divergente temos um único caso, isso significa que qualquer que seja a posição do objeto AB as características de orientação e natureza da imagem A'B' são sempre as mesmas.

Figura 30: Formação da imagem na lente divergente



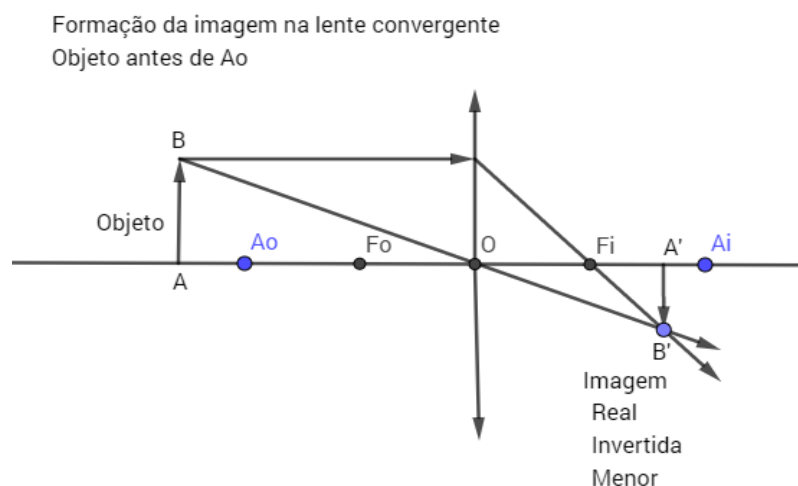
(Fonte: Acervo do autor)

Nesse momento o professor pode fazer mais de uma construção de imagem com objetos localizados em postos diferentes a fim de mostrar ao estudante que as características da imagem serão sempre virtual, direita e menor na lente divergente.

### Construção da imagem na lente convergente:

Diferentemente da lente divergente, na lente convergente existem vários casos na formação das imagens. Isso significa que dependendo da posição do objeto AB as características de orientação e natureza da imagem A'B' são diferentes.

Nesse momento é sugerido construir cada um dos casos de formação das imagens: antes de  $A_o$ , sobre  $A_o$ , entre  $A_o$  e  $F_o$ , sobre  $F_o$  e entre  $F_o$  e O totalizando cinco casos. A seguir temos a representação de cada um dos 5 casos com as características da imagem formada em cada figura.:

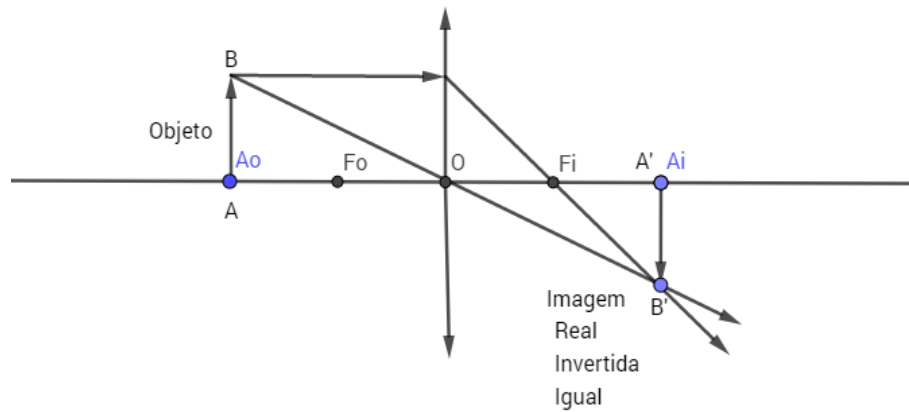
Figura 31: Objeto antes de  $A_o$ 

(Fonte: Acervo do autor)

Neste caso é possível observar que a imagem é real, invertida e menor.

**Figura 32: Objeto sobre  $A_o$** 

Formação da imagem na lente convergente  
Objeto sobre  $A_o$

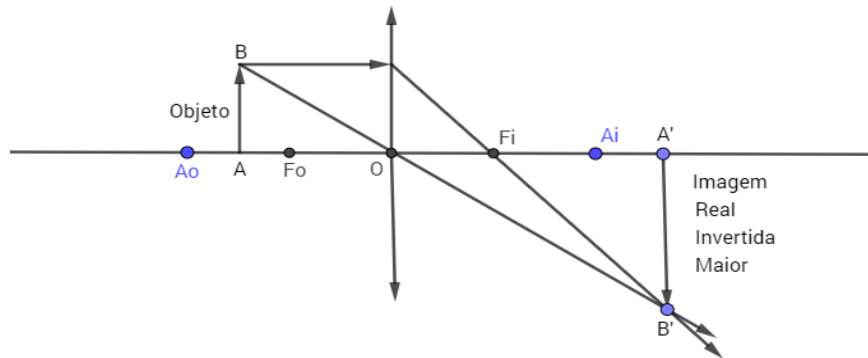


(Fonte: Acervo do autor)

Neste caso é possível observar que a imagem é real, invertida e igual.

**Figura 33: Objeto entre  $A_o$  e  $F_o$** 

Formação da imagem na lente convergente  
Objeto entre  $A_o$  e  $F_o$

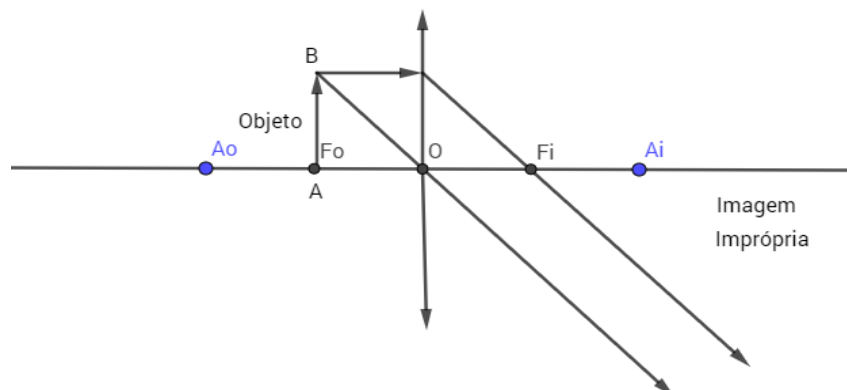


(Fonte: Acervo do autor)

Neste caso é possível observar que a imagem é real, invertida e maior.

**Figura 34: Objeto sobre  $F_o$** 

Formação da imagem na lente convergente  
Objeto sobre  $F_o$



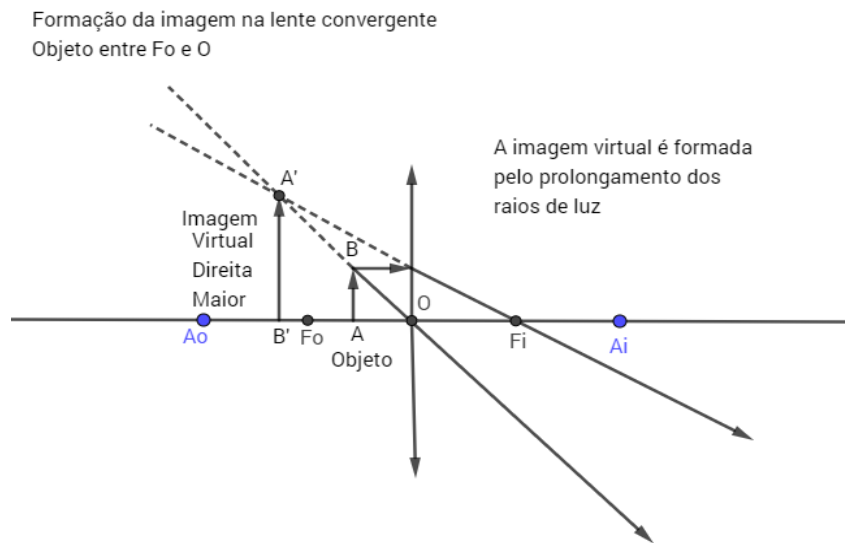
(Fonte: Acervo do autor)

Neste caso é possível observar que a imagem é imprópria já que os raios que emergem da

lente não se cruzam.

As lentes dos faróis e holofotes são aplicações deste caso.

**Figura 35: Objeto entre  $F_o$  e O**



(Fonte: Acervo do autor)

Neste caso é possível observar que a imagem é virtual, direita e maior.

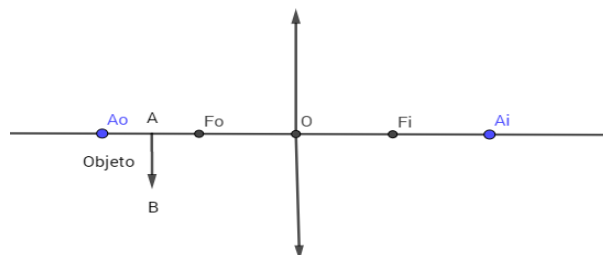
A lupa, o microscópio, o binóculo e o telescópio são aplicações deste caso.

Após a construção dos casos das formações das imagens serão realizados dois exercícios apresentados a seguir para melhor apropriação por parte do estudante.

**Exercício sobre o comportamento dos raios particulares e a formação da imagem, representando a situação por meio de desenho e analisando as características da imagem.**

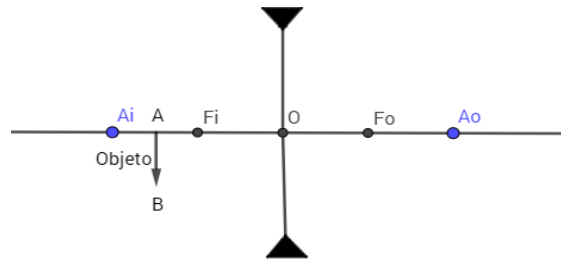
1) Com a auxílio de uma régua e lápis construa a imagem do objeto AB indicando as características da imagem (real/virtual, invertida/direita, maior/menor) formada em cada situação:

a) Utilize a imagem abaixo para representar a projeção do objeto:



(Fonte: Acervo do autor)

b) Utilize a imagem abaixo para representar a projeção do objeto:



(Fonte: Acervo do autor)

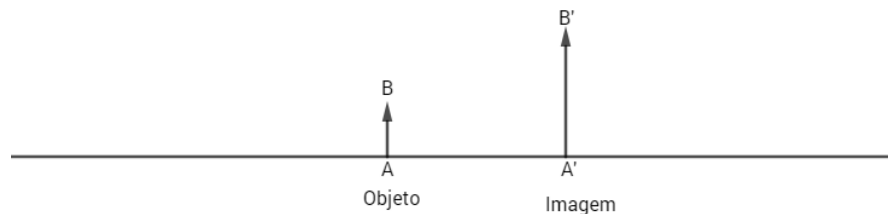
2) Localize o centro óptico O, represente a lente divergente/convergente e identifique as características da imagem (real/virtual, invertida/direita, maior/menor) em cada situação:

a) Utilize régua para a construção do desenho



(Fonte: Acervo do autor)

b) Utilize régua para a construção do desenho



(Fonte: Acervo do autor)

### Aula 3 – 180 minutos (4 horas/aula)

- **Apresentação das equações: Equação de Gauss; Aumento Linear Transversal; Vergência e dos Fabricantes de Lentes;**
- **Resolução de exemplos sobre Equação de Gauss e Equação do Aumento Linear Transversal;**
- **Resolução de exercícios sobre equação de gauss e aumento linear .**

### UTILIZAR AS EQUAÇÕES DAS LENTES NA RESOLUÇÃO DE EXEMPLOS SOBRE FORMAÇÃO DAS IMAGENS

Equações das lentes esféricas:

1. Equação de Gauss:  $\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$

2. Equação do aumento linear transversal:  $A = \frac{i}{o} = \frac{-p'}{p}$

3. Equação de vergência e convergência:  $C = \frac{1}{f}$ . A unidade da vergência ou convergência é  $\frac{1}{m} = m^{-1} = \text{dioptria} = \text{di}$ , que também pode ser medida em  $\frac{1}{cm} = \text{cm}^{-1}$ .

4. Equação dos fabricantes de lentes:  $\frac{1}{f} = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1\right)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$ .

A equação dos fabricantes de lentes foi desenvolvida pelo astrônomo e matemático inglês Edmond Halley. Caso a face da lente seja côncava  $R < 0$ , caso a face da lente seja convexa  $R > 0$ .

5. Equação dos fabricantes de lentes para uma face plana:  $\frac{1}{f} = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1\right)\left(\frac{1}{R}\right)$

Esta equação é utilizada quando uma das faces da lente for plana.

Significado das letras utilizadas nas equações:

- p: distância entre o objeto e a lente;
- p': distância entre a imagem e a lente;
- f: distância do foco da lente;
- F<sub>1</sub>: primeiro foco da lente;
- F<sub>2</sub>: segundo foco da lente;
- i: altura da imagem formada;
- o: altura do objeto;
- I: imagem;
- O: objeto;
- A: aumento linear transversal;
- C: vergência ou convergência da lente;
- n<sub>1</sub> e n<sub>2</sub>: índices de refração do meio e da lente respectivamente;
- R<sub>1</sub> e R<sub>2</sub>: raios de curvaturas da lente;

Existem algumas regras para os símbolos que serão apresentadas junto com as equações.

- Quando a lente for convergente  $f > 0$ , se a lente for divergente  $f < 0$ .
- Se o objeto for real  $p > 0$ , se o objeto for virtual  $p < 0$ .
- Se a imagem for real  $p' > 0$ , se a imagem for virtual  $p' < 0$ .

**Exemplos sobre a utilização das duas primeiras equações: Equação de Gauss e Equação do Aumento Linear Transversal**

1) Uma lente convergente em uma lupa possui 10 cm de distância focal. O objeto está a 8 cm da lente. Determine o aumento linear transversal.

*Dados do problema:*

$$f = 10 \text{ cm}$$

$$p = 8 \text{ cm}$$

*Para calcular o A precisa calcular p' primeiro.*

$$A = \frac{-p'}{p}$$

$$A = \frac{-(-40)}{8}$$

$$A = 5$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$$

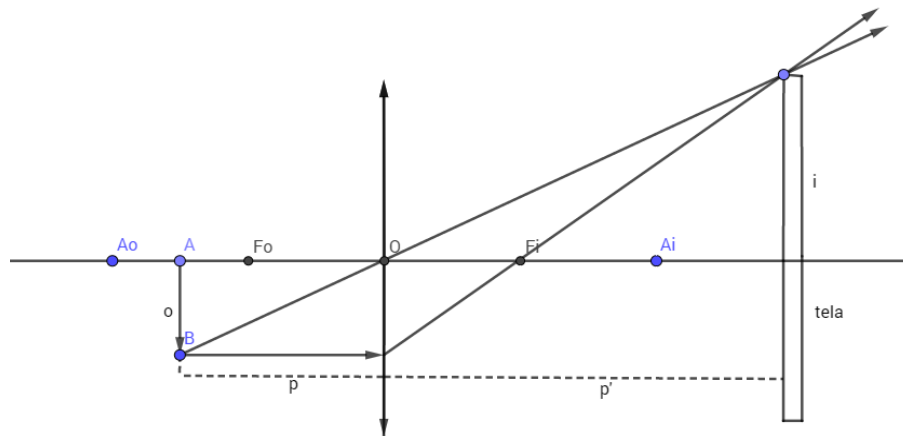
$$\frac{1}{10} - \frac{1}{8} = \frac{1}{p'}$$

$$\frac{4-5}{40} = \frac{1}{p'}$$

$$\frac{-1}{40} = \frac{1}{p'}$$

$$p' = -40 \text{ cm}$$

2) A lente objetiva de um projetor de cinema é uma lente convergente de foco 10 cm. Neste caso determine o comprimento da sala de projeção para que seja possível um aumento de 200 vezes.



(Fonte: Acervo do autor)

*Dados do problema:*

$$f = 10 \text{ cm} \quad A = -200$$

*Para calcular o comprimento da sala de projeção precisa calcular utilizar a equação do aumento linear sem finalizar primeiro.*

$$-200 = \frac{-p'}{p}$$

$$p' = 200p$$

*Substitui p = 10,05cm*

$$p' = 200 \cdot 10,05 = 2010 \text{ m}$$

$$p = 20,1 \text{ m}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$$

$$p = 10 + 0,05$$

$$\frac{1}{10} = \frac{1}{p} + \frac{1}{200p}$$

$$p = 10,05 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{10} = \frac{1}{p} \left( 1 + \frac{1}{200} \right)$$

*Agora substitui esse valor na primeira equação.*

$$p = 10 \left( 1 + \frac{1}{200} \right)$$

$$p = 10 + \frac{10}{200}$$

***Provar a validade da equação de Gauss (desenho);***

Neste momento a proposta é pegar um dos exercícios resolvidos anteriormente e fazer o desenho em tamanho real, utilizando uma folha sulfite (A4) ou uma cartolina, com o auxílio de régua e esquadro. O objetivo da atividade é utilizar as definições dos raios particulares, posicionamento do ponto focal e centro óptico da lente para reproduzir um dos exercícios resolvidos e assim verificar a validade da Equação de Gauss e da Equação do aumento Linear Transversal.

**Exercícios sobre a utilização das duas primeiras equações: Equação de Gauss e Equação do Aumento Linear Transversal**

1) Escolher um dos casos abaixo para reproduzir em tamanho real (utilize régua) verificando os cálculos com as medidas do desenho:

Um objeto de 10 cm de altura é colocado à distância  $x$  diante de uma lente convergente de distância focal de 18 cm. Calcule o tamanho da imagem e o aumento linear transversal nos seguintes casos:

- a)  $x = 90 \text{ cm};$                       b)  $x = 36 \text{ cm};$                       c)  $x = 9 \text{ cm}.$

**EXERCÍCIOS EXTRA**

1) Uma lente convergente de distância focal de 6 cm está a 9 cm de um objeto de 4 cm de altura. Determine a posição do objeto e a altura da imagem.

2) Um objeto de 8 cm de altura está a 20 cm de uma lente divergente de 30 cm de foco. Calcule a posição, tamanho e natureza da imagem.

3) Uma lente de foco 20cm produz uma imagem real e invertida 4 vezes maior que o objeto. Determine a posição da imagem e o tipo da lente.

4) Um objeto está a 8 cm de uma lente convergente. A imagem virtual ( $A > 0$ ) formada é o triplo do tamanho do objeto. Calcule a distância focal da lente.



5) Uma lente convergente produz uma imagem com um terço do tamanho do objeto que está a 60 cm dela. Calcule a distância da imagem até a lente.

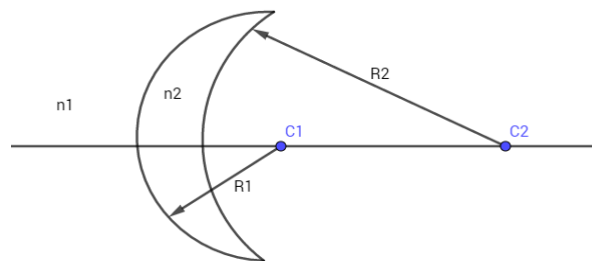
#### Aula 4 – 90 minutos (2 horas/aula)

- **Resolução de exemplos e exercícios sobre equação de vergência e dos fabricantes de lentes.**

### UTILIZAR A EQUAÇÃO DOS FABRICANTES DE LENTES NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

**Exemplo da fórmula dos fabricantes de lente e vergência ou convergência de uma lente.**

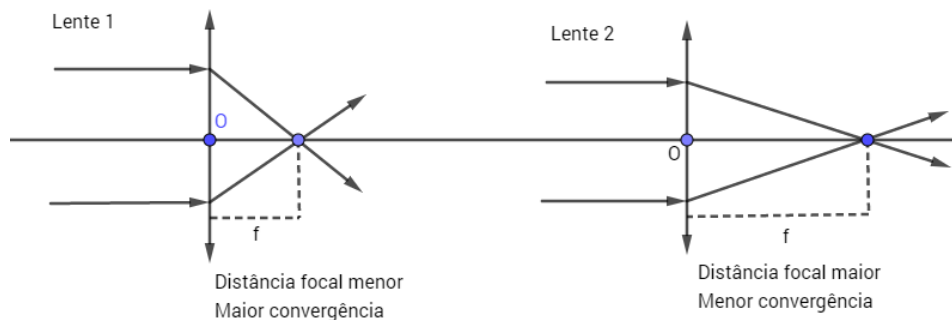
**Figura 36: Localização dos raios e centro da lente**



Fonte: (Acervo do autor)

Os símbolos  $n_1$  e  $n_2$  representam os índices de refração do meio exterior e da lente respectivamente. Equação dos fabricantes de lentes:  $\frac{1}{f} = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1\right)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$ , foi desenvolvida pelo astrônomo e matemático inglês Edmond Halley. Caso a face da lente seja côncava  $R < 0$ , caso a face da lente seja convexa  $R > 0$ . Esta equação é utilizada quando uma das faces da lente for plana:  $\frac{1}{f} = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1\right)\left(\frac{1}{R}\right)$ .

**Figura 37: Comparação do ponto focal de duas lentes**



Fonte: (Acervo do autor)

Analisando as figuras é possível observar que a distância focal menor causa maior convergência e isso pode ser medido com a equação:  $C = \frac{1}{f}$ . A unidade da vergência ou convergência é  $\frac{1}{m} = m^{-1} = \text{dioptria} = \text{di}$ , que também pode ser medida em  $\frac{1}{cm} = \text{cm}^{-1}$ .

**Exemplo:** Uma lente convexo côncava tem raios de curvatura, respectivamente, iguais a 60 cm e 20 cm. O índice de refração da lente é 1,5. Sabendo que ela está imersa no ar, calcule a distância focal dessa lente e a vergência, em dioptrias.

*Dados do problema:*

*Convexa*

$$R_1 = 60 \text{ cm}$$

*Côncava*

$$R_2 = -20 \text{ cm}$$

$$n_{1 \text{ ar}} = 1$$

$$n_2 = 1,5$$

$$\frac{1}{f} = \left( \frac{n_2}{n_1} - 1 \right) \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

$$\frac{1}{f} = \left( \frac{1,5}{1} - 1 \right) \left( \frac{1}{60} - \frac{1}{20} \right)$$

$$\frac{1}{f} = 0,5 \left( \frac{1-3}{60} \right)$$

$$\frac{1}{f} = \frac{-1}{60}$$

$$f = -60 \text{ cm} = -0,6 \text{ m}$$

$$C = \frac{1}{f} = \frac{-1}{0,6} = \frac{-10}{6} = \frac{-5}{3} \text{ di}$$

### **Exercícios sobre a equação dos fabricantes de lentes e vergência das lentes:**

- 1) Determine, em dioptrias, a convergência das seguintes lentes:
  - a) Convergente de distância focal 80 cm;
  - b) Divergente de distância focal 10 cm.

Considere as lentes abaixo imersas no ar (o ar tem índice de refração 1)

- 2) Uma lente côncava convexa tem raios iguais a 40 cm e 20cm respectivamente. O índice de refração da lente é igual a 2. Calcule sua convergência.
- 3) Calcule a distância focal de uma lente plano convexa de índice de refração absoluto igual a 1,2 e raio da face convexa 50 cm.
- 4) Uma lente convergente de 4 di, biconvexa, tem raios de curvatura  $R_1 = R_2 = 30 \text{ cm}$ . Determine o índice de refração da lente.
- 5) (ITA – SP) Uma vela se encontra a uma distância de 30 cm de uma lente plano convexa que projeta uma imagem nítida de sua chama em uma parede a 1,2 m da lente. Qual é o raio de curvatura da parte curva da lente se o seu índice de refração é 1,5?

### **Aula 5 – 90 minutos (2 horas/aula)**

- **Resolução de exemplos sobre a combinação de lentes.**

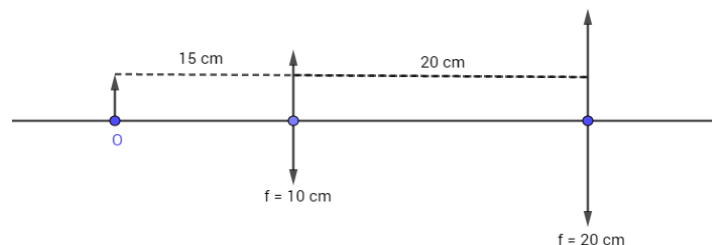
## COMBINAÇÃO DE LENTES DELGADAS.

Analisar a combinação do uso de lentes calculando a posição e características da imagem formada com a associação; texto e exemplos do PRINCÍPIOS DE FÍSICA páginas 1038 e 1039.

Se duas lentes delgadas são usadas para formar uma imagem, o sistema pode ser tratado da seguinte maneira: primeiro a imagem da primeira lente é calculada como se a segunda lente não estivesse presente. Então, a luz se aproxima da segunda lente como se tivesse originalmente vindo da imagem formada pela primeira lente. A imagem da segunda lente é a imagem final do sistema. Se a imagem da primeira lente se encontra na parte de trás da segunda lente, então a imagem é tratada como um objeto virtual pela segunda lente (ou seja,  $p$  é negativo). O mesmo procedimento pode ser estendido a um sistema com três ou mais lentes. A ampliação total de um sistema de lentes delgadas é igual ao produto das ampliações das lentes separadas.

### Exemplo 26.8 Onde está a imagem final? Página 1039

Duas lentes delgadas convergentes de distância focal de 10cm e 20cm estão separadas por uma distância de 20 cm, como mostra a figura. Um objeto é colocado a 15 cm à esquerda da primeira lente. Encontre a posição e a ampliação da imagem final.



Dados do problema:  $f_1 = 10 \text{ cm}$

$$p_1 = 15 \text{ cm}$$

$$f_2 = 20 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$$

$$\frac{1}{10} = \frac{1}{15} + \frac{1}{p'}$$

$$\frac{1}{p'} = \frac{1}{10} - \frac{1}{15}$$

$$\frac{1}{p'} = \frac{3-2}{30}$$

$$p' = 30 \text{ cm}$$

as duas lentes o objeto da segunda lente é virtual então  $p_2 = -10 \text{ cm}$ .

$$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{p_2} + \frac{1}{p'_2}$$

$$\frac{1}{20} = \frac{1}{-10} + \frac{1}{p'_2}$$

$$\frac{1}{20} + \frac{1}{10} = \frac{1}{p'_2}$$

$$\frac{1}{p'_2} = \frac{1+2}{20}$$

$$p'_2 = \frac{20}{3}$$

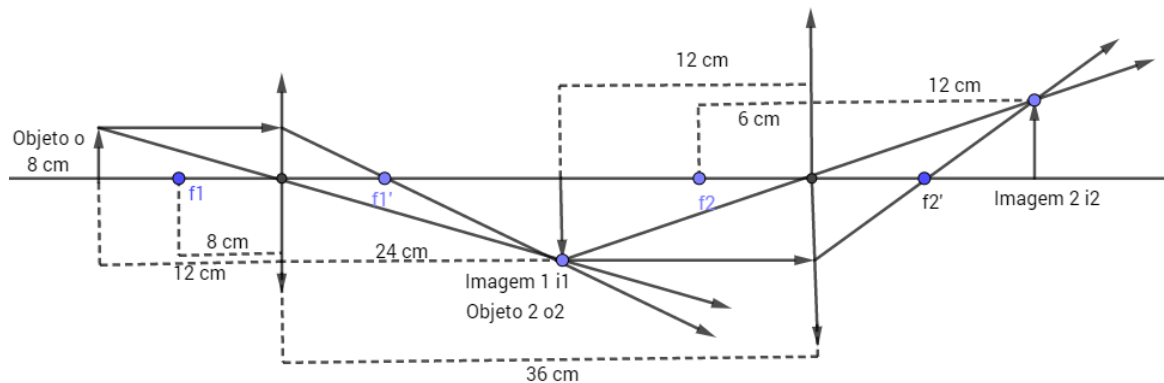
$$p'_2 = 6,67 \text{ cm}$$

Como  $p'$  é menor que a distância entre

Ampliação:  $A_1 = \frac{-p'}{p} = \frac{-30}{15} = -2$ ,  $A_2 = \frac{-p'}{p} = \frac{-6,67}{-10} = 0,667$  A ampliação das duas lentes é o produto das ampliações.  $A = A_1 \cdot A_2 = -2 \cdot 0,667 = -1,334$ . Assim a imagem final é real, maior e invertida em relação ao objeto.

### Exemplo 2 Young e Freedman, física 4, página 59

Imagem de uma imagem. Um objeto com 8 cm de altura é colocado 12 cm à esquerda de uma lente convergente com distância focal de 8 cm. Uma segunda lente convergente com distância focal 6 cm é colocada à 36 cm à direita da primeira lente. Ambas as lentes possuem o mesmo eixo óptico. Determine a posição, o tamanho e a orientação da imagem final produzida por essa combinação de lentes. (combinação de lentes convergentes são usadas em microscópios e telescópios)



(Fonte: Acervo do autor)

Dados do problema:  $f = 8 \text{ cm}$

$p = 12 \text{ cm}$

$o = 8 \text{ cm}$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$$

$$\frac{1}{8} = \frac{1}{12} + \frac{1}{p'}$$

$$\frac{1}{p'} = \frac{1}{8} - \frac{1}{12}$$

$$\frac{1}{p'} = \frac{3-2}{24}$$

$$p' = 24 \text{ cm}$$

$$A = \frac{-p'}{p} = \frac{-24}{12} = -2$$

$$A = \frac{i}{o}$$

$$-2 = \frac{i}{8}$$

$$i = -16 \text{ cm}$$

Esse é o segundo objeto  $o_2$

Dados do problema:  $f_2 = 6 \text{ cm}$

$$p_2 = 36 - 24 = 12 \text{ cm}$$

$$o_2 = -16 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{p_2} + \frac{1}{p'_2}$$

$$\frac{1}{6} = \frac{1}{12} + \frac{1}{p'_2}$$

$$\frac{1}{p'_2} = \frac{1}{6} - \frac{1}{12}$$

$$\frac{1}{p'_2} = \frac{2-1}{12}$$

$$p'_2 = 12 \text{ cm}$$

$$A = \frac{-p'_2}{p_2} = \frac{-12}{12} = -1$$

$$A = \frac{i}{o}$$

$$-1 = \frac{i}{-16}$$

$$i = 16 \text{ cm}$$

#### **Aula 6 – 180 minutos (4 horas/aula):**

- **Estudo do olho humano: morfologia, defeitos da visão;**
- **Construção do desenho sobre o olho humano e os componentes ópticos;**
- **Resolução de exemplos sobre a correção da miopia e hipermetropia.**

#### **OLHO HUMANO**

Identificar a morfologia e anatomia do olho humano;

#### **O TEXTO SE TRATA DE UMA CÓPIA NA ÍNTEGRA DO LIVRO: FÍSICA IV - ÓTICA E FÍSICA MODERNA DE YOUNG E FREEDMAN página 63**

A forma do olho é quase esférica, com diâmetro aproximadamente igual a 2,5 cm. A parte frontal é ligeiramente mais curva e é recoberta por uma membrana dura e transparente, a córnea. A região atrás da córnea contém um líquido chamado de humor aquoso. A seguir vem o cristalino, uma lente em forma de cápsula com uma gelatina fibrosa dura no centro e progressivamente mais macia à medida que se aproxima de sua borda. A lente do cristalino é sustentada por ligações com o músculo ciliar, localizado em sua borda. Atrás dessa lente, o olho está cheio de um líquido gelatinoso chamado de humor vítreo. Os índices de refração do humor vítreo e do humor aquoso são ambos aproximadamente iguais a 1,336, valor quase igual ao índice de refração da água. O cristalino, apesar de não ser homogêneo, possui um índice de refração de 1,437. Esse valor não é muito diferente do índice de refração do humor vítreo e do humor aquoso; a maior parte da refração da luz que chega ao olho ocorre na superfície externa da córnea.

A refração na córnea e nas superfícies da lente produz uma imagem real do objeto que está

sendo observado. A imagem é formada sobre a retina, uma membrana sensível à luz situada junto à superfície interna e traseira do olho. A retina desempenha o mesmo papel do filme na máquina fotográfica. Os cones e os bastonetes existentes na retina agem como minúsculas fotocélulas, que captam a imagem e transmitem os impulsos através do nervo óptico para o cérebro. A visão é mais precisa em uma pequena região central chamada fóvea central, com diâmetro aproximado de 0.25 mm.

A íris se localiza na parte dianteira do cristalino. Ela contém uma abertura com diâmetro variável denominada pupila que se abre ou se fecha para adaptar a entrada de luz de acordo com a variação da luminosidade. Os receptores da retina também possuem mecanismos de adaptação da intensidade.

Para que um objeto seja visto com bastante nitidez, a imagem deve ser formada exatamente sobre a retina. O olho se ajusta a diferentes distâncias  $s$  do objeto, variando a distância focal  $f$  de sua lente; a distância  $s'$  entre a lente e a retina não varia. Em um olho normal, um objeto no infinito é focalizado quando o músculo ciliar está relaxado. Para reduzir uma imagem bem focalizada sobre a retina de um objeto próximo, a tensão no músculo ciliar que envolve o cristalino aumenta, o músculo ciliar se contrai e o cristalino fica mais grosso na parte central, reduzindo os raios de curvatura de suas superfícies; logo, a distância focal diminui. Esse processo é chamado de acomodação.

Os extremos do intervalo em que a visão distinta é possível são chamados de ponto próximo e ponto distante. O ponto distante de um olho normal se encontra no infinito. A posição do ponto próximo depende da capacidade do músculo ciliar de reduzir o raio de curvatura do cristalino. O intervalo de acomodação diminui gradualmente à medida que a pessoa envelhece, pois o cristalino aumenta durante a vida (para uma idade de 60 anos ele é 50% maior do que aos 20 anos), e os músculos ciliares tornam-se menos capazes de contrair uma lente maior. Por essa razão, a distância do ponto próximo aumenta à medida que a pessoa envelhece. Esse aumento da distância do ponto próximo recebe o nome popular de vista cansada e o nome científico de presbiopia. Por exemplo, uma pessoa com 50 anos não consegue focalizar com nitidez nenhum objeto que esteja a uma distância menor do que cerca de 40 cm.

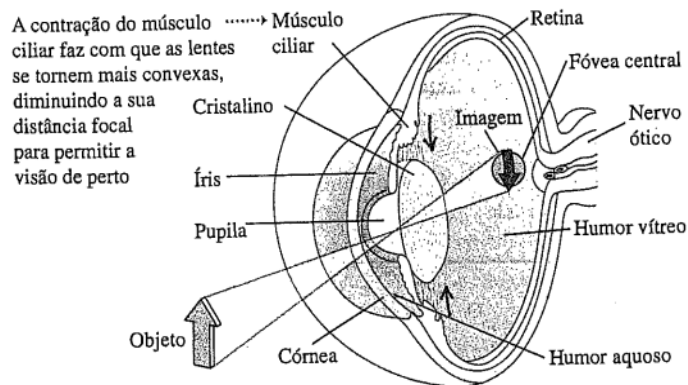
Tabela 1 Ponto próximo do olho humano segundo a idade

Idade (anos)	Ponto próximo (cm)
10	7
20	10
30	14
40	22
50	40
60	200

Fonte: Young e Freedman, p. 63

A tabela 1 apresenta as variações dos pontos próximos de um olho de acordo com a idade das pessoas, sendo possível observar como este aumenta proporcionalmente à medida que a idade também aumenta.

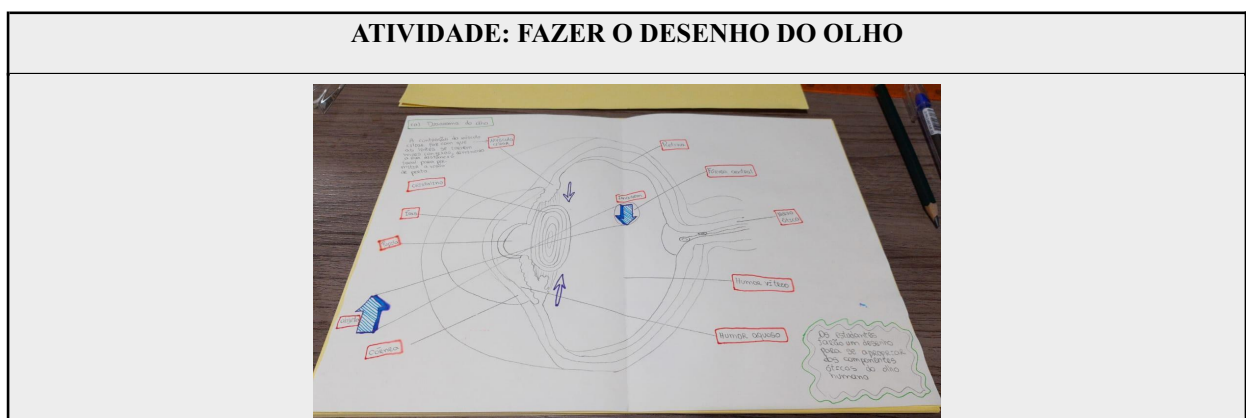
Figura 38 - Diagrama do olho humano



Fonte: Young e Freedman, p. 63

Diante da imagem 38 é possível observar a localização dos componentes ópticos essenciais do olho humano. Conhecer os componentes ópticos bem como suas funções pode ser essencial no estudo dos problemas relacionados à visão.

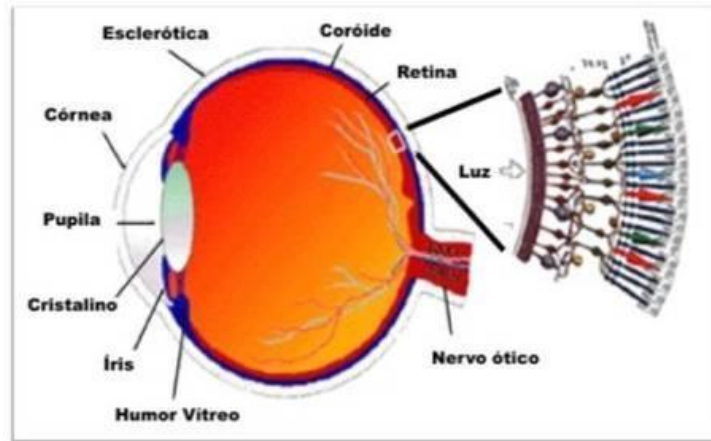
Figura 39: Desenho do olho humano



(Fonte: Acervo do autor)

Existem dois tipos de células sensíveis à luz na retina. Os bastonetes são mais sensíveis à luz do que os cones, contudo somente os cones são sensíveis às diferenças entre as cores. Um olho humano típico contém cerca de  $1,3 \times 10^8$  bastonetes e  $7 \times 10^6$  cones. Na imagem a seguir temos um corte na retina onde localizam-se os cones e bastonetes.

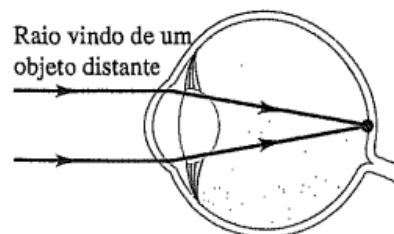
Figura 39: Corte na retina com a localização dos cones e bastonetes



Fonte: luztecnologiaearte.weebly.com

Seguimos com a representação da formação da imagem em um olho normal:

Figura 40 - Olho normal



Fonte: Young e Freedman, p. 64

A figura 40 representa a formação de uma imagem na retina. Essa característica representa a formação da imagem em um olho normal, ou seja, sem problemas relacionados à visão quanto ao posicionamento da imagem.

### Defeitos da visão

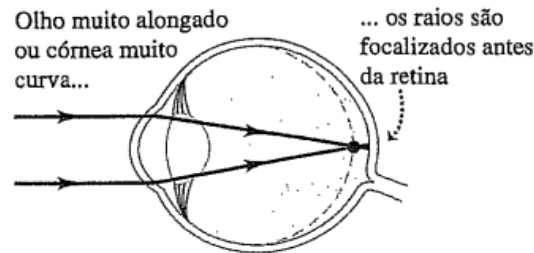
Este item é reservado a uma breve apresentação dos defeitos da visão relacionados ao posicionamento da imagem antes e depois da retina. Os problemas apresentados são miopia, hipermetropia e astigmatismo.

A figura 41 apresenta um olho míope onde é possível perceber que a formação da imagem acontece antes da retina. No olho míope, o globo ocular é muito alongado em comparação com o raio de curvatura da córnea (ou a córnea é curva demais), e os raios de um objeto situado no infinito são focalizados antes da retina. O mesmo autor aponta que o olho míope



produz uma convergência demasiadamente grande dos raios paralelos.

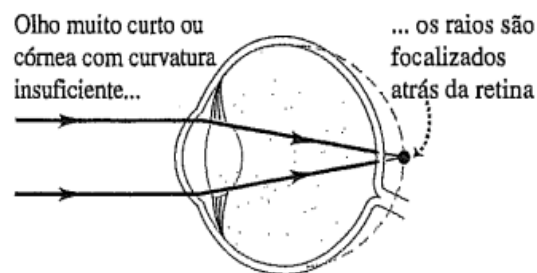
Figura 41 - Olho míope



Fonte: Young e Freedman, p. 64

A figura 42 apresenta uma representação do olho hipermetrope onde é perceptível que a imagem se forma após a retina. No olho hipermetrope, o globo ocular é muito curto ou a córnea não é suficientemente curva; assim, os raios de um objeto situado no infinito são focalizados atrás da retina. O mesmo autor aponta que o olho hipermetrope produz uma convergência insuficiente.

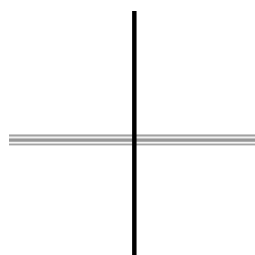
Figura 42 - Olho hipermetrope



Fonte: Young e Freedman, p. 64

O astigmatismo é um tipo de defeito diferente em que a superfície da córnea não é esférica, mas sim acentuadamente mais curva em um plano do que no outro. Em consequência, as linhas horizontais podem formar imagens em um plano diferente do plano formado pelas linhas verticais. Um exemplo apresentado pelo autor é que o astigmatismo pode tornar impossível a focalização simultânea das barras verticais e horizontais de uma janela, esse exemplo pode ser melhor visualizado com a ilustração abaixo:

Figura 43: Representação da imagem visualizada por um olho astigmático



Fonte: neydiasopticaoftalmica

A cruz acima demonstra as linhas horizontais desfocadas e a linha vertical perfeita. É a visão de

um portador de astigmatismo miópico simples com deficiência na direção horizontal. Esta dificuldade de visão apenas em uma direção, faz com que o portador desta deficiência visual não distinga bem símbolos, letras e objetos, dependendo do grau de astigmatismo.

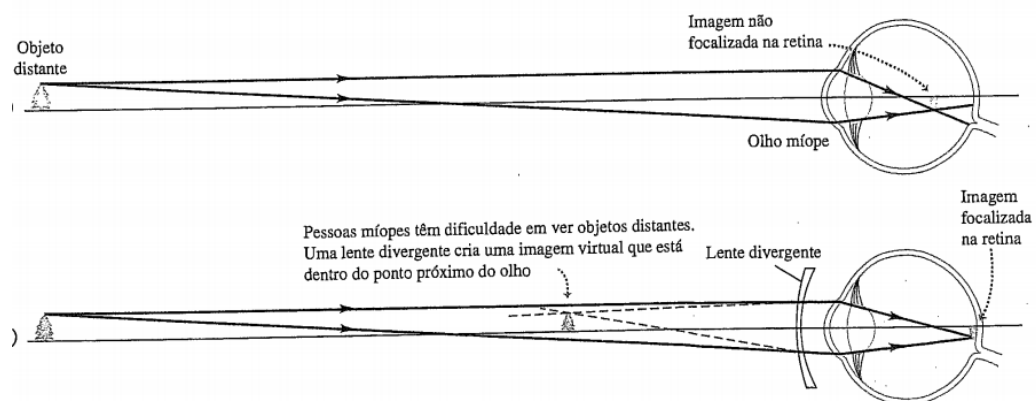
A dificuldade de visão do astigmata não é somente nas linhas horizontais como o desenho acima. O astigmatismo pode ocorrer em quaisquer direções, de  $0^\circ$  a  $180^\circ$ , muito embora na maioria das vezes ocorre próximo à direção horizontal.

Fonte: neydiasopticaoftalmica

### Correções com uso de lentes

Para cada problema na visão, descrito no item anterior, existe uma possível correção com o uso de lentes comumente comercializadas em forma de óculos ou lentes de contatos, proporcionando uma visão nítida. Este item é dedicado a uma breve apresentação das possíveis correções da miopia, astigmatismo e hipermetropia.

Figura 44 - Olho míope e correção



Fonte: Young e Freedman, p. 65

Na figura anterior é possível observar o olho míope e o local onde a imagem é formada antes da retina, seguido do ajuste do ponto onde a imagem é formada a partir de uma lente divergente.

### EXEMPLO: CORREÇÃO DA MIOPIA

O ponto distante de um certo olho míope fica 50 cm à frente do olho. Para ver com nitidez um objeto situado no infinito, qual é a lente necessária para os óculos de correção? Suponha que a lente seja usada a uma distância de 2 cm do olho.

Resolução: O ponto distante de um olho míope está mais próximo do que o infinito. Para enxergar com nitidez objetos mais afastados do que o ponto distante desse olho é necessário que a imagem virtual do objeto se forme a uma distância que não seja maior do que o ponto distante. Suponha que a imagem virtual do objeto no infinito é formada no ponto distante, 50

cm à frente do olho e 48 cm à frente das lentes dos óculos. Ou seja, quando  $p =$  , desejamos que  $p'$  seja igual a  $-48$  cm.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{-48}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{-1}{48}$$

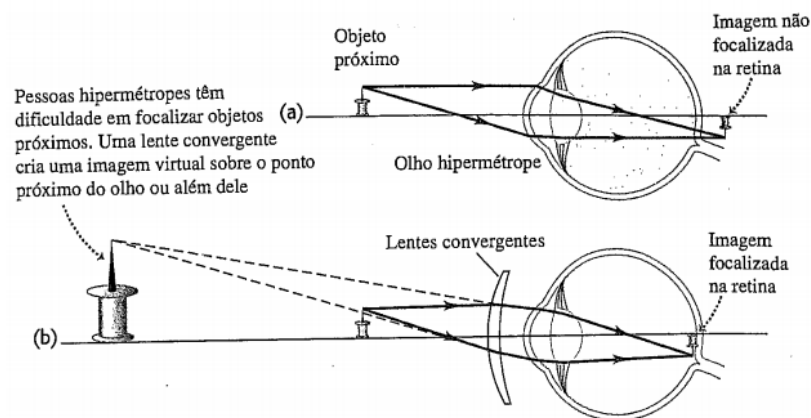
$$f = -48 \text{ cm} = -0.48 \text{ m}$$

$$C = \frac{1}{f} = \frac{1}{-0,48} = -2.1 \text{ di}$$

Precisamos de uma lente divergente com distância focal  $-48 \text{ cm} = -0.48 \text{ m}$ . A potência correspondente é igual a  $-2,1$  dioptrias. Se fossem usadas lentes de contato em vez de óculos  $f$  seria igual a  $-50 \text{ cm} = -0.5 \text{ m}$  e a potência seria  $-2$  dioptrias.

Uma lente negativa (divergente) produz uma divergência dos raios para compensar a convergência excessiva do olho míope.

Figura 45 - Olho hipermetrope e correção



Fonte: Young e Freedman, p. 65

Na figura anterior é possível observar o olho hipermetrope e o local onde a imagem é formada após a retina, seguido do ajuste do ponto onde a imagem é formada a partir de uma lente convergente.

### EXEMPLO: CORREÇÃO DA HIPERMETROPIA

O ponto próximo de um certo olho hipermetrope fica 100 cm à frente do olho. Para ver com nitidez um objeto a uma distância de 25 cm do olho, qual é a lente de contato necessária?

Resolução: desejamos que a lente forme uma imagem virtual do objeto em um local correspondente ao ponto próximo do olho, a uma distância de 100 cm do olho. Ou seja, quando  $p = 25 \text{ cm}$ ,  $p'$  deve ser igual a  $-100 \text{ cm}$ .

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{25} + \frac{1}{-100}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{4-1}{100}$$

$$f = \frac{100}{3} = 33,33 \text{ cm} = 0,33\text{m}$$

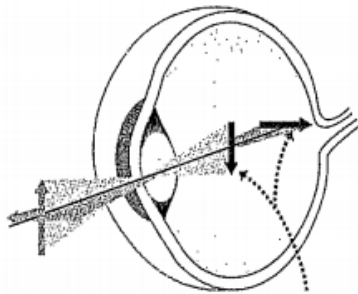
$$C = \frac{1}{f} = \frac{1}{0,33\dots} = 3\text{di}$$

Precisamos de uma lente convergente com distância focal 33,33 cm. A potência correspondente é de 3 dioptrias.

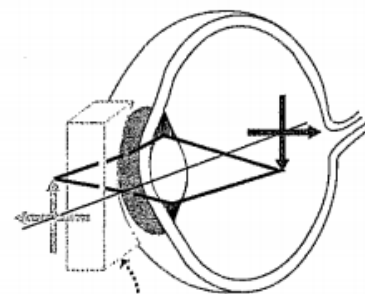
Uma lente positiva (convergente) fornece a convergência extra necessária para um olho hipermetrope focalizar a imagem sobre a retina. Nesse exemplo usamos uma lente de contato para corrigir a hipermetropia. Se tivéssemos usado óculos, teríamos de levar em consideração a separação entre o olho e a lente dos óculos, e uma potência um tanto diferente seria necessária.

Figura 46 - Um tipo de astigmatismo

(a) As imagens de linhas verticais se formam antes da retina. (b) Uma lente cilíndrica corrige o astigmatismo.



A forma do globo ocular ou das lentes faz com que os objetos na vertical e na horizontal focalizem-se em distâncias diferentes



Esta lente cilíndrica é curva na direção vertical, mas não na horizontal; ela muda a distância focal dos objetos verticais

Fonte: Young e Freedman, p. 66

Na figura anterior é possível observar um tipo de olho astigmático e o modo distorcido que imagem é formada, seguido do ajuste ideal para este exemplo.

### Aula 7 – 90 minutos (2 horas/aula)

- **Aplicação do experimento;**

### EXPERIMENTO FINAL

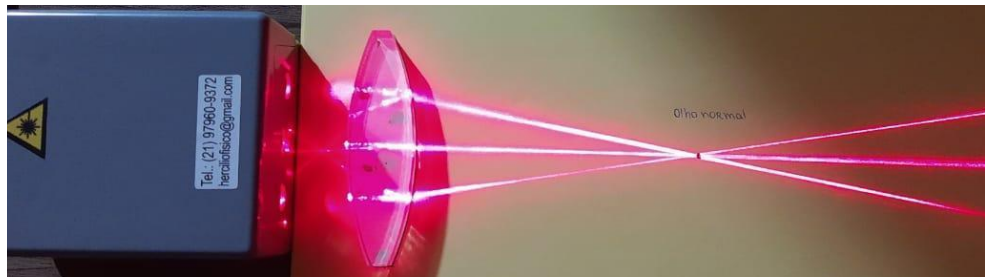
Diante da realidade vivenciada no período de aplicação, o professor irá manusear as lentes de acordo com as orientações dos estudantes, permanecendo assim de acordo com as normas sanitárias de segurança adotadas no período vigente.

Utilizando o laser e o conjunto de lentes nesse momento se dá início ao experimento em que se observa a representação do local da formação da imagem em um olho normal, seguido de

um olho míope e hipermetrópe. Seguindo a observação iniciamos o experimento com combinações das lentes do conjunto para associar uma ou mais lentes à combinação do olho míope e hipermetrópe com a finalidade de demonstrar os efeitos da correção da visão ajustando o ponto focal na retina.

1º passo: Observar a formação da imagem em um olho normal através do experimento;

Figura 47: Olho normal

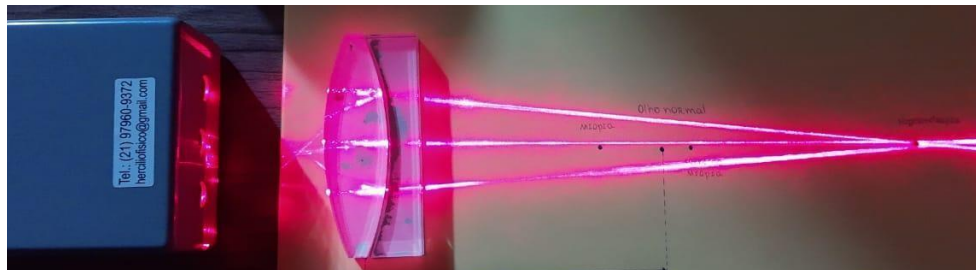


(Fonte: Acervo do autor)

Imagem formada sobre a retina.

2º passo: Observar a formação da imagem em um olho míope e hipermetrópe através do experimento;

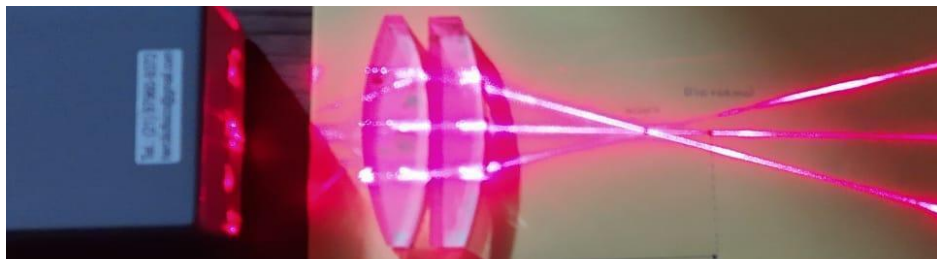
Figura 48: Olho hipermetrópe:



(Fonte: Acervo do autor)

Imagem formada depois da retina.

Figura 49: Olho míope:



(Fonte: Acervo do autor)

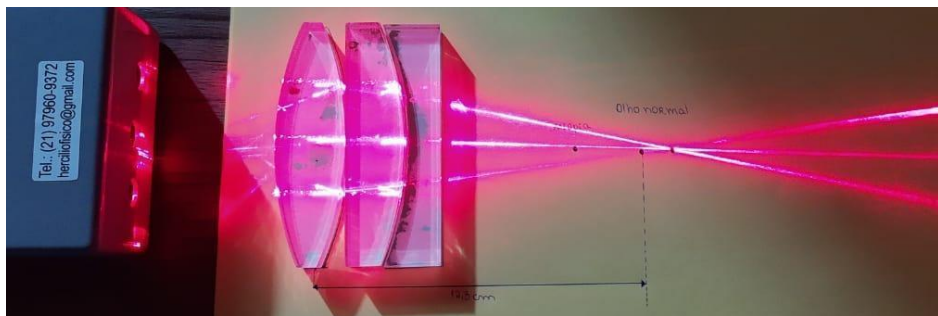
Imagem formada antes da retina.

4º passo: Testar possibilidades de correção dos defeitos da visão observados no experimento, através da associação de lentes representando o olho humano em duas dimensões;

Neste momento, o estudante deve testar as possibilidades de associação das lentes para ajustar a imagem sobre a retina. Como a combinação de lentes é limitada nesse momento se deve deixar claro que se trata de uma representação dos efeitos da correção da visão, já que as lentes podem ser combinadas antes e depois da lente que representa o cristalino, ou seja, quando a visão é corrigida com o uso de óculos ou lentes de contato ela são posicionadas antes do olho e no experimento talvez seja necessário posicionar a lente depois do cristalino.

**Resultados esperados:** a seguir são apresentados possíveis combinações que representam os efeitos da correção da miopia e da hipermetropia.

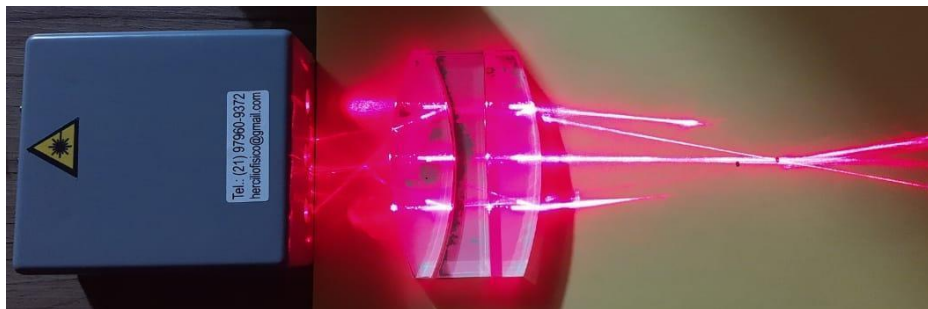
Figura 50: Correção da miopia:



(Fonte: Acervo do autor)

Neste caso, acrescentamos uma lente plano côncava que combinada as lentes bicôncava e plano convexa aumenta a distância focal da combinação. Dessa maneira é possível observar que para corrigir a miopia precisamos associar uma lente que aumente a distância focal.

Figura 51: Correção da hipermetropia:



(Fonte: Acervo do autor)

Neste caso, acrescentamos uma lente plano convexa que combinada com as lentes bicôncava e plano côncava diminui a distância focal da combinação. Dessa maneira é possível observar que para corrigir a hipermetropia precisamos associar uma lente que possa diminuir a distância focal.

Ao finalizar o experimento os estudantes podem socializar entre si os resultados encontrados com a finalidade de comparar suas conclusões.

**Aula 8 – 90 minutos (2 horas/aula): Construção do mapa mental**

**ATIVIDADE:** A partir dos estudos e atividades realizados em sala de aula, produza um mapa mental relacionando características do olho humano normal, míope, hipermetrope e astigmático com as características na formação da imagem e as correções com uso de lentes esféricas. Para melhor desenvolver a atividade, faça a leitura do texto retirado do livro de YOUNG e FREEDMAN acerca do objeto de estudo tratado nas últimas aulas. Utilize uma folha A4, com letra legível, ou o aplicativo CMAPTOOLS em seu celular ou computador.

**AVALIAÇÃO**

A avaliação será por meio de um processo contínuo durante o desenvolvimento de todas as aulas. Por esse motivo serão adotados diversos meios de verificação da aprendizagem, possibilitando a expressão do aprendizado da diversidade de aprendizagem apresentada pela heterogeneidade dos estudantes da classe.

As atividades de verificação são:

- 30 % - Participação no experimento e desenvolvimento das atividades propostas;
- 20 % - Verificação da equação de Gauss;
- 40 % - Mapa Mental;
- 10 % - Avaliação individual e sem consulta;





b) Determine a ampliação.

c) A lente é convergente ou divergente?

6) (RAYMOND) Uma lente de aumento é uma lente convergente de distância focal de 15 cm. A qual distância de um selo você deve segurar essa lente para obter uma ampliação de + 2?

7) (RAYMOND) Uma lente de contato é feita de plástico com um índice de refração de 1,50. A lente tem um raio externo de curvatura de 2 cm e um raio interno de curvatura de 2,5 cm. Qual é a distância focal da lente?

8) (RAYMOND) A face esquerda de uma lente biconvexa tem um raio de curvatura de magnitude 12 cm e a face direita tem um raio de curvatura de magnitude de 18 cm. O índice de refração do vidro é 1,44.

a) Calcule a distância focal da lente.

b) Calcule a distância focal se os raios de curvatura das duas faces forem trocados.

9) (SEARS) A parte do olho responsável por transmitir impulsos ao cérebro é:

a) Músculo ciliar

d) Córnea

b) Fóvea central

e) Nervo óptico

c) Humor vítreo

10) (SEARS) Existem dois tipos de células sensíveis à luz na retina. Os \_\_\_\_\_ mais sensíveis a luz e os \_\_\_\_\_ mais sensíveis às diferenças entre cores.

11) (SEARS) A refração na córnea e nas superfícies da lente produz uma imagem \_\_\_\_\_ do objeto que está sendo observado. A imagem é formada sobre a \_\_\_\_\_, uma membrana sensível à luz situada junto à superfície \_\_\_\_\_ da parte \_\_\_\_\_ do olho.

A alternativa que melhor completa a afirmação a seguir é:

a) Virtual, córnea, externa, dianteira.

b) Real, retina, interna, traseira.

c) Virtual, retina, externa, traseira.

d) Real, córnea, interna, dianteira.

e) Virtual, retina, interna, traseira.

12) (SEARS) No olho míope, o globo ocular é muito \_\_\_\_\_ em comparação ao raio de curvatura da córnea (ou a córnea é curva demais), e os raios de um objeto situado no infinito são focalizados \_\_\_\_\_ da retina. O olho míope produz uma convergência demasiadamente \_\_\_\_\_ dos raios paralelos ao eixo óptico. Pessoas míopes têm dificuldade em ver objetos distantes. Uma lente \_\_\_\_\_ cria uma imagem virtual que está dentro do ponto próximo do olho e corrige a visão.

- a) Curto, na frente, grande, convergente.
- b) Alongado, na frente, grande, divergente.
- c) Curto, atrás, grande, convergente.
- d) Alongado, atrás, grande, divergente.

13) (SEARS) No olho hipermetrope, o globo ocular é muito \_\_\_\_\_ ou a córnea não é suficientemente curva; assim os raios de um objeto situado no infinito são focalizados \_\_\_\_\_ da retina. O olho hipermetrope produz uma convergência \_\_\_\_\_ e forma a imagem depois da retina. Pessoas hipermetropes têm dificuldade em focalizar objetos próximos. Uma lente \_\_\_\_\_ cria uma imagem virtual sobre o ponto próximo do olho ou além dele e corrige a visão.

- a) Curto, na frente, insuficiente, convergente.
- b) Alongado, na frente, insuficiente, divergente.
- c) Curto, atrás, insuficiente, convergente.
- d) Alongado, atrás, insuficiente, divergente.

14) (SEARS) O astigmatismo é um tipo de defeito diferente em que a superfície da \_\_\_\_\_ não é esférica, mas sim acentuadamente mais curva em um plano do que em outro. Em consequência, as linhas horizontais podem formar imagens em um plano diferente do plano formado pelas linhas verticais.

A parte do olho que completa a afirmação é:

- |            |                  |               |
|------------|------------------|---------------|
| a) Córnea  | c) Retina        | e) Cristalino |
| b) Esclera | d) Fóvea central |               |

15) (PIETROCOLA) (UEL – PR) Um hipermetrope não consegue ver com nitidez objetos situados a uma distância menor que 1 metro. Para que ele possa ver com clareza a uma distância de 25 cm, seus óculos devem ter convergência, em dioptrias, igual a:

- |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|
| a) 1 | b) 2 | c) 3 | d) 4 | e) 5 |
|------|------|------|------|------|

16) (PIETROCOLA) (Unirio – RJ) O olho humano sem problemas de visão, emétrepe, é um sistema óptico convergente que projeta sobre a retina a imagem de um ponto objeto real localizado no infinito. No entanto, o olho necessita ter a capacidade de aumentar a sua vergência, para que continue sobre a retina a imagem de um ponto objeto que dele se aproxima. Tal capacidade, denominada poder de acomodação, é perdida com o envelhecimento.

O aumento necessário na vergência de um olho para que seja capaz de enxergar um objeto que dele se aproximou do infinito até a distância de 0.25m é, em di, igual a:

- |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|
| a) 1 | b) 2 | c) 3 | d) 4 | e) 5 |
|------|------|------|------|------|

### 3 MATERIAL PARA O ALUNO

#### Aula 1

#### EXPERIMENTO INICIAL

OLHO NORMAL: Apresentação da representação da formação da imagem em um olho normal. **Abaixo faça o desenho representando a observação.**

Identificação do ponto onde a imagem é formada.

OLHO HIPERMÉTROPE: Apresentação da representação da formação da imagem em um olho hipermetrope. **Abaixo faça o desenho representando a observação.**

Identificação do ponto onde a imagem é formada seguida da comparação das posições dos pontos entre o olho normal e o olho hipermetrope.

OLHO MIOPE: Apresentação da representação da formação da imagem em um olho miope. **Abaixo faça o desenho representando a observação.**

Identificação do ponto onde a imagem é formada, seguida da comparação das posições dos pontos entre o olho normal e o olho miope. Abaixo escreva a comparação entre o olho normal, miope e hipermetrope quanto a localização da imagem.

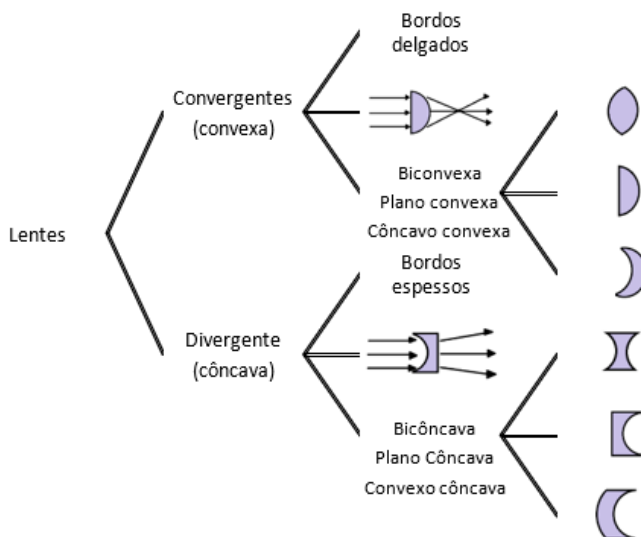
DESAFIO FINAL: Apresentação do desafio: combinar lentes de modo a representar os efeitos da correção feitas por lentes de contato, óculos e cirurgias quando apresentados os seguintes problemas na visão.

Estamos trabalhando com combinações de lentes que são limitadas a observar os efeitos da correção, tendo em vista que a correção com uso de lentes se dá na frente do olho e talvez nesse experimento precisaremos combinar lentes atrás do olho.

### TIPOS DE LENTES

Existem diferentes tipos de lentes que são separadas em dois grupos: as lentes convergentes e as divergentes. Nas lentes convergentes, os raios luminosos convergem para um mesmo ponto depois de passar pela lente. Nas lentes divergentes, os raios luminosos se afastam após passar pela lente. Na figura abaixo podemos identificar os diferentes tipos de lentes divergentes e convergentes.

Figura 1: Tipos de lentes



Fonte: acervo do autor.

*Identificação das representações dos tipos de lentes e suas características de vergência e convergência com uso do laser*

As lentes usam os símbolos de representação: convexa , côncava .

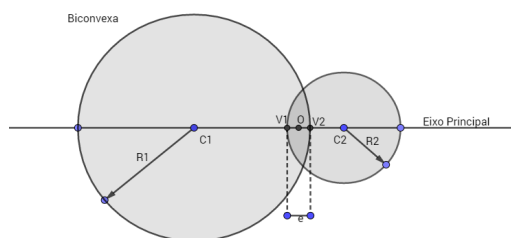
No estudo de lentes, existem algumas grandezas importantes (chamadas componentes ópticas) que estão relacionadas com as características das lentes. São eles:

- $C_1$  e  $C_2$  = centros de curvatura das faces das lentes;
- Reta  $C_1$  e  $C_2$  = eixo principal (EP);
- $V_1$  e  $V_2$  = vértices das faces da lente;
- $R_1$  e  $R_2$  = raios das faces da lente;
- $O$  = centro óptico que é o ponto médio de  $V_1$  e  $V_2$ ;
- $e$  = espessura da lente;
- $F_i$  e  $F_o$  = foco principal da imagem e do objeto respectivamente;
- $f$  = distância focal da lente;
- $A_i$  e  $A_o$  = ponto antiprincipal da imagem e do objeto respectivamente. Estes pontos tem a distância igual ao dobro da distância focal da lente.

A seguir temos as representações de cada uma das lentes e a localização dos componentes: Centros de curvaturas; Raios; Vértices; Centro Óptico e espessura na forma dos símbolos especificados acima.

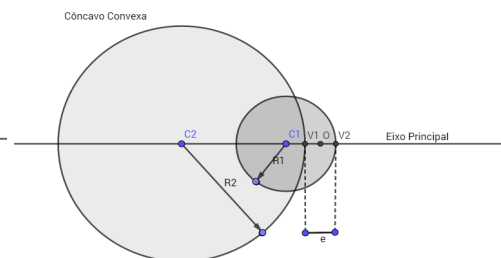
Destaque com marca texto ou caneta colorida cada uma das lentes:

Figura 2: Lente Biconvexa



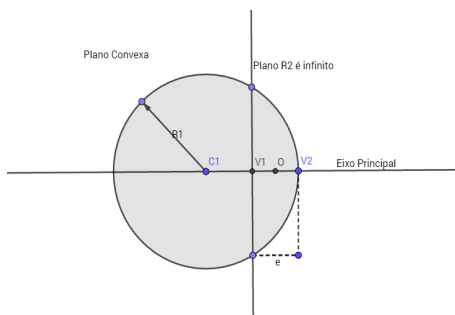
Fonte: acervo do autor.

Figura 3: Lente Côncavo Convexa



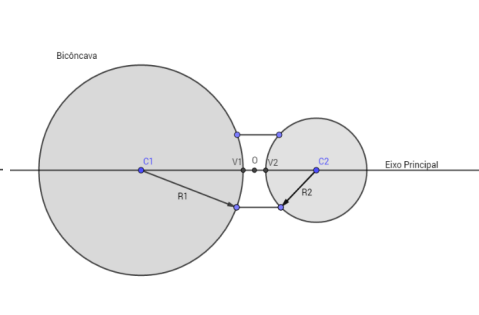
Fonte: acervo do autor.

Figura 4: Lente Plano Convexa



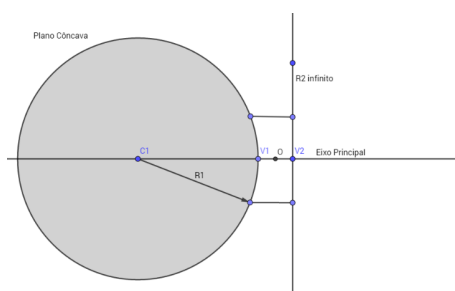
Fonte: acervo do autor.

Figura 5: Lente Biconvexa



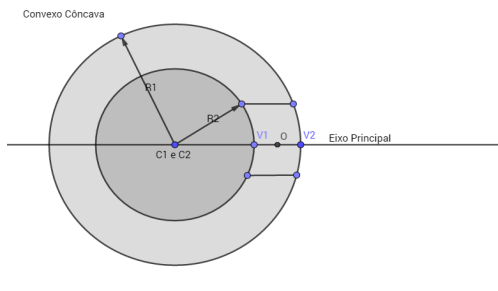
Fonte: acervo do autor.

Figura 6: Lente Plano Côncava



Fonte: acervo do autor.

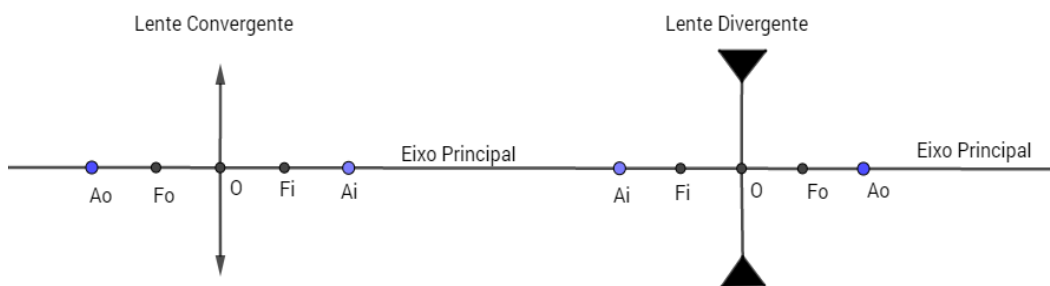
Figura 7: Lente Convexo Côncava



Fonte: acervo do autor.

Nas figuras abaixo, temos a ilustração da localização dos pontos focais e pontos antiprincipais das lentes convergentes e divergentes. Esses pontos serão importantes quando formos estudar a formação de imagens, sendo assim fique atento às diferenças nas localizações desses pontos quando se trata de uma lente convergente e uma lente divergente.

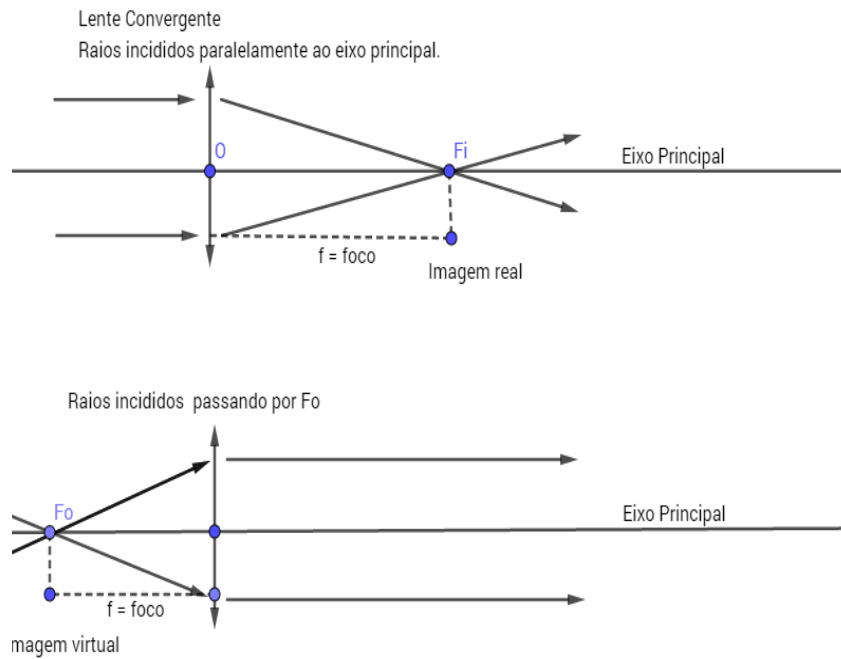
Figura 8: Pontos focais e antiprincipais nas lentes divergente e convergente.



Fonte: acervo do autor.

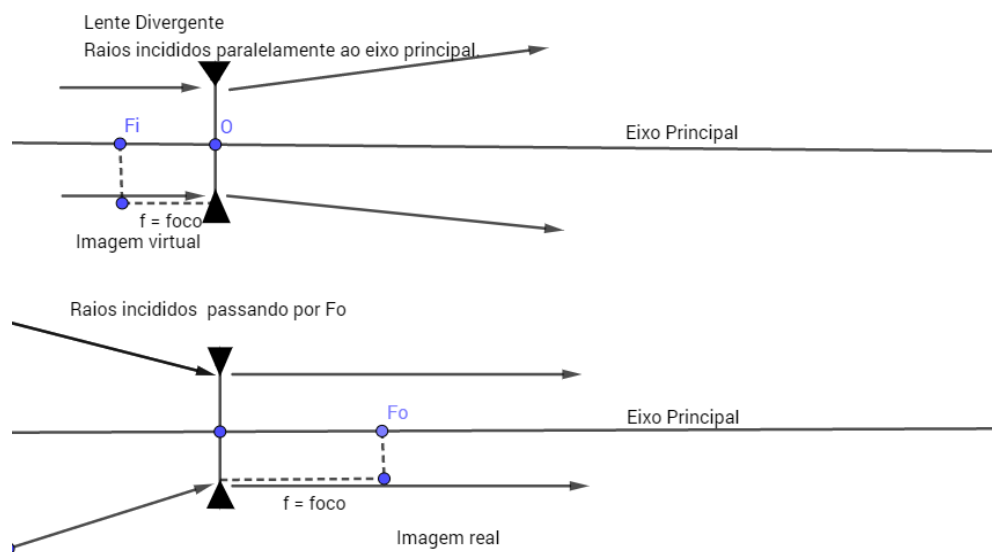
A distância focal  $f$  depende do formato e material que compõe a lente. O foco e comportamento dos raios incididos nas lentes convergentes e divergentes apresentam as representações apresentadas nos desenhos abaixo.

Figura 9: Comportamento dos raios na lente convergente



*Fonte: acervo do autor.*

Figura 10: Comportamento dos raios na lente divergente

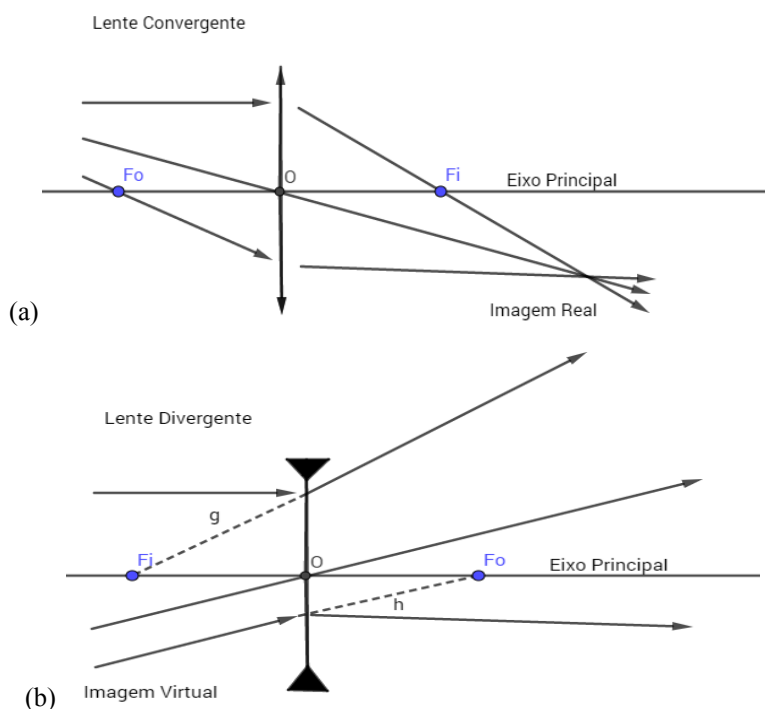


*Fonte: acervo do autor.*

A maneira como o raio de luz emerge da lente depende da forma como ele incide na mesma. Se um raio de luz incidir paralelamente ao eixo principal ele emerge passando por  $F_i$ . Se um raio de luz incidir passando por  $O$  ele emerge sem sofrer desvio. Se um raio de luz incidir passando por  $F_o$  ele emerge paralelamente ao eixo principal. As figuras abaixo representam o comportamento das três situações (raio incidindo paralelo ao eixo principal; raio incidindo passando por  $O$ ; Raios incidindo passando por  $F_o$ ) na

lente convergente e divergente respectivamente.

Figura 11: Raios de luz incidindo nas lentes convergente (a) e divergente (b)



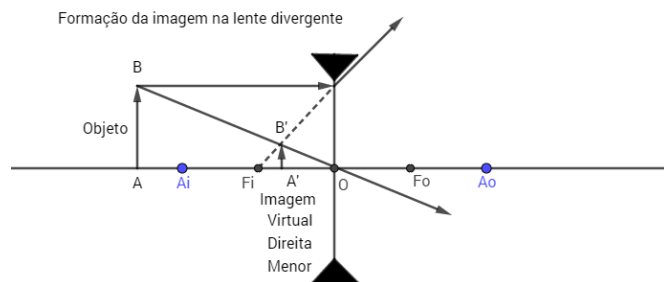
Fonte: acervo do autor.

Para definir a posição e características principais (tamanho e orientação) das imagens são usados pelo menos dois raios particulares. Dependendo da posição do objeto próximo a uma lente convergente a imagem se forma com características distintas. Na lente divergente independente da posição do objeto a imagem se forma sempre da mesma maneira. Nas próximas figuras (figuras: 12, 13, 14, 15, 16 e 17) será possível ver a representação dos possíveis casos de posicionamento do objeto e a formação das imagens nos dois tipos de lentes.

## Aula 2 CONSTRUÇÃO DAS IMAGENS COM OS RAIOS PARTICULARES

Lente divergente: No caso de uma lente divergente, apenas um tipo de imagem é formada. Independente da posição do objeto  $AB$ , as características de orientação e natureza da imagem formada  $A'B'$  são sempre as mesmas.

Figura 12: imagem na lente divergente

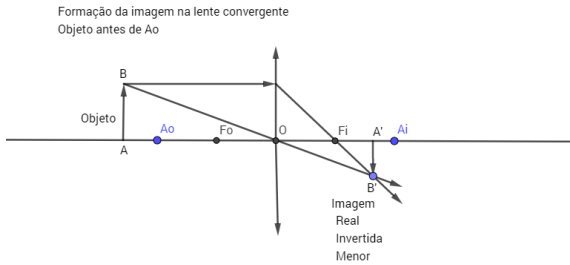


Fonte: acervo do autor.



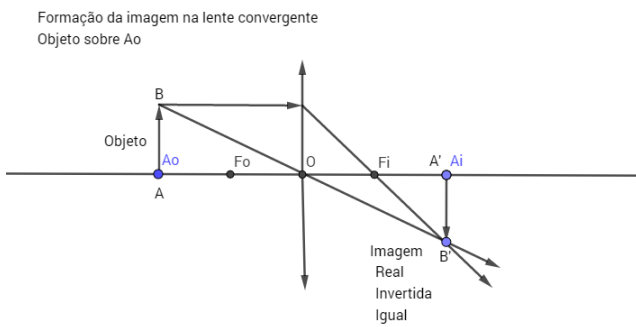
Lente convergente: Quando temos uma lente convergente, as características da imagem formada vai depender da posição do objeto AB em relação aos diferentes componentes ópticos, Com isso, as características de orientação e natureza da imagem A'B' são diferentes em cada caso. Abaixo vemos uma ilustração dos diferentes casos.

Figura 13: Objeto antes de  $A_o$



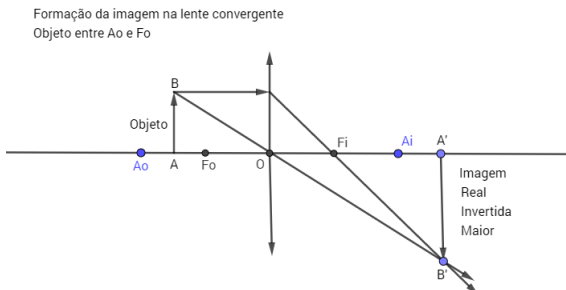
Fonte: acervo do autor.

Figura 14: Objeto sobre  $A_o$



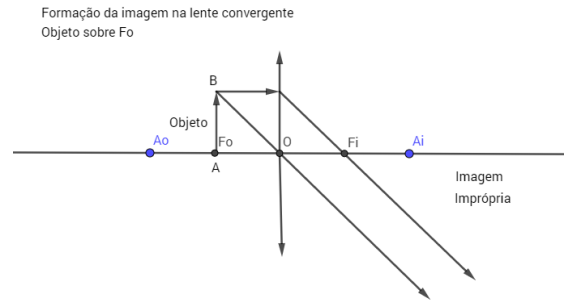
Fonte: acervo do autor.

Figura 15: Objeto entre  $A_o$  e  $F_o$



Fonte: acervo do autor.

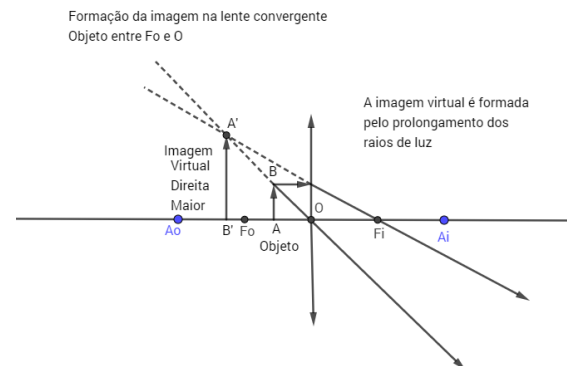
Figura 16: Objeto sobre  $F_o$



As lentes dos faróis e holofotes são aplicações deste caso.

Fonte: acervo do autor.

Figura 17: Objeto entre  $F_o$  e O



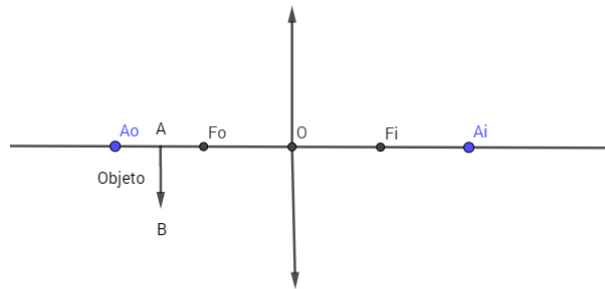
A lupa, o microscópio, o binóculo e o telescópio são aplicações deste caso.

Fonte: acervo do autor.

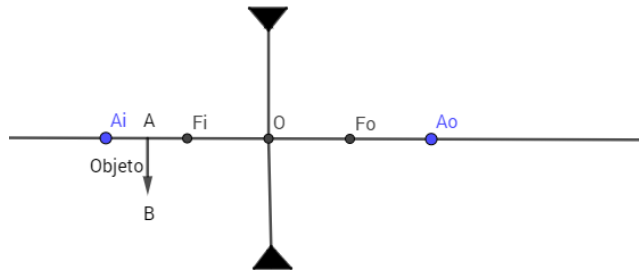
**Exercício sobre o comportamento dos raios particulares e a formação da imagem, representando a situação por meio de desenho e analisando as características da imagem.**

1) Com a auxílio de uma régua e lápis construa a imagem do objeto AB indicando as características da imagem (real/virtual, invertida/direita, maior/menor) formada em cada situação:

a) Utilize a imagem abaixo para representar a projeção do objeto:



b) Utilize a imagem abaixo para representar a projeção do objeto:

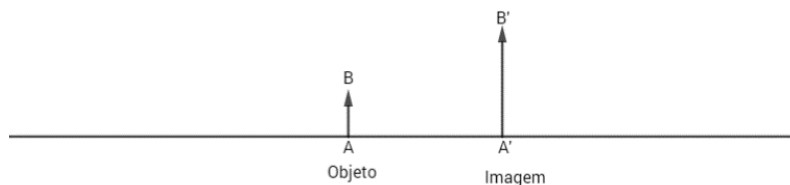


2) Localize o centro óptico O, represente a lente divergente/convergente e identifique as características da imagem imagem (real/virtual, invertida/direita, maior/menor) em cada situação:

a) Utilize régua para a construção do desenho



b) Utilize régua para a construção do desenho



### Aula 3 - EQUAÇÕES

Existem algumas equações que nos permitem prever as características das imagens formadas a partir das dimensões reais do objeto. Além disso, também conseguimos relacionar diferentes características das lentes esféricas.

Equações das lentes esféricas:

1. Equação de Gauss:  $\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$
2. Equação do aumento linear transversal:  $A = \frac{i}{o} = \frac{-p'}{p}$
3. Equação de vergência e convergência:  $C = \frac{1}{f}$ . A unidade da vergência ou convergência é  $\frac{1}{m} = m^{-1} = \text{dioptria} = \text{di}$ , que também pode ser medida de em  $\frac{1}{cm} = \text{cm}^{-1}$ .
4. Equação dos fabricantes de lentes:  $\frac{1}{f} = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1\right)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$ .

A equação dos fabricantes de lentes foi desenvolvida pelo astrônomo e matemático inglês Edmond Halley. Caso a face da lente seja côncava  $R < 0$ , caso a face da lente seja convexa  $R > 0$ .

5. Equação dos fabricantes de lentes para uma face plana:  $\frac{1}{f} = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1\right)\left(\frac{1}{R}\right)$

Esta equação é utilizada quando uma das faces da lente for plana.

Significado das letras utilizadas nas equações:

- p: distância entre o objeto e a lente;
- p': distância entre a imagem e a lente;
- f: distância do foco da lente;
- F<sub>1</sub>: primeiro foco da lente;
- F<sub>2</sub>: segundo foco da lente;
- i: altura da imagem formada;
- o: altura do objeto;
- I: imagem;
- O: objeto;
- A: aumento linear transversal;
- C: vergência ou convergência da lente;

- $n_1$  e  $n_2$  : índices de refração do meio e da lente respectivamente;
- $R_1$  e  $R_2$ : raios de curvaturas da lente;

Existem algumas regras para os símbolos que serão apresentadas junto com as equações.

- Quando a lente for convergente  $f > 0$ , se a lente for divergente  $f < 0$ .
- Se o objeto for real  $p > 0$ , se o objeto for virtual  $p < 0$ .
- Se a imagem for real  $p' > 0$ , se a imagem for virtual  $p' < 0$ .

**Exemplos:** Equação de Gauss e Equação do Aumento Linear Transversal

1) Uma lente convergente em uma lupa possui 10 cm de distância focal. O objeto está a 8 cm da lente. Determine o aumento linear transversal.

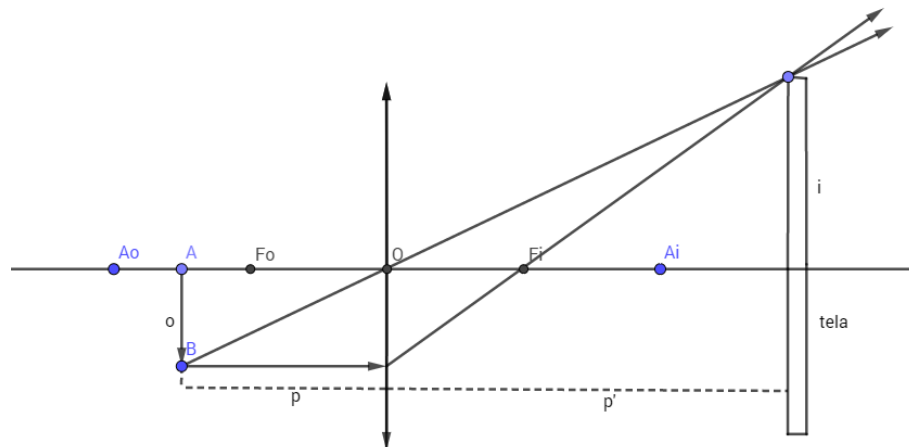
*Dados do problema:*

$$f = 10 \text{ cm}$$

$$p = 8 \text{ cm}$$

*Para calcular o  $A$  precisa calcular  $p'$  primeiro.*

2) A lente objetiva de um projetor de cinema é uma lente convergente de foco 10 cm. Neste caso determine o comprimento da sala de projeção para que seja possível um aumento de 200 vezes.



*Dados do problema:*

$$f = 10 \text{ cm} \quad A = -200$$

*Para calcular o comprimento da sala de projeção precisa calcular utilizar a equação do aumento linear sem finalizar primeiro.*

**Exercícios utilizando a equação de Gauss e aumento linear;**

***Provar a validade da equação de Gauss (desenho);***

Depois de resolver os exercícios abaixo você vai escolher um deles para fazer o desenho em tamanho real, ou seja, você vai utilizar uma folha sulfite (A4) ou uma cartolina, régua e esquadro para reproduzir as distâncias focais, tamanho do objeto, projetar a imagem e medir a mesma comparando suas medidas com o cálculo realizado. O objetivo da atividade é utilizar as definições dos raios particulares, posicionamento do ponto focal e centro óptico da lente para reproduzir um dos exercícios resolvidos e assim verificar a validade da Equação de Gauss e da Equação do aumento Linear Transversal.

**Exercícios sobre a utilização das duas primeiras equações: Equação de Gauss e Equação do Aumento Linear Transversal**

1) Escolher um dos casos abaixo para reproduzir em tamanho real (utilize régua) verificando os cálculos com as medidas do desenho:

Um objeto de 10 cm de altura é colocado à distância  $x$  diante de uma lente convergente de distância focal de 18 cm. Calcule o tamanho da imagem e o aumento linear transversal nos seguintes casos:

- a)  $x = 90$  cm;
- b)  $x = 36$  cm;
- c)  $x = 9$  cm.

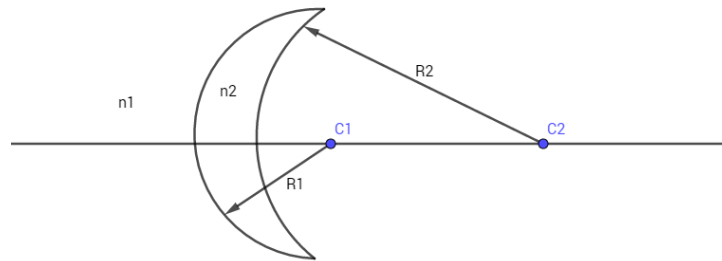
**EXERCÍCIOS EXTRA**

- 1) Uma lente convergente de distância focal de 6 cm está a 9 cm de um objeto de 4 cm de altura. Determine a posição do objeto e a altura da imagem.
- 2) Um objeto de 8 cm de altura está a 20 cm de uma lente divergente de 30 cm de foco. Calcule a posição, tamanho e natureza da imagem.
- 3) Uma lente de foco 20cm produz uma imagem real e invertida 4 vezes maior que o objeto. Determine a posição da imagem e o tipo da lente.
- 4) Um objeto está a 8 cm de uma lente convergente. A imagem virtual ( $A > 0$ ) formada é o triplo do tamanho do objeto. Calcule a distância focal da lente.
- 5) Uma lente convergente produz uma imagem com um terço do tamanho do objeto que está a 60 cm dela. Calcule a distância da imagem até a lente.

## Aula 4 - UTILIZAR A EQUAÇÃO DOS FABRICANTES DE LENTES NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

### Exemplo da fórmula dos fabricantes de lente e vergência ou convergência de uma lente.

Figura 18: Identificação dos raios e centro da lente.



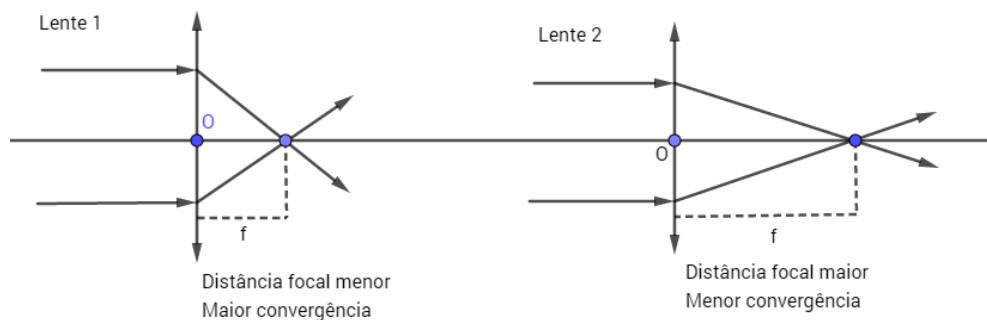
Fonte: acervo do autor.

Na figura 18, os símbolos  $n_1$  e  $n_2$  representam os índices de refração do meio exterior e da lente respectivamente.

A equação dos fabricantes de lentes:  $\frac{1}{f} = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1\right)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$ , foi desenvolvida pelo astrônomo e matemático inglês Edmond Halley. Quando a face da lente seja côncava  $R < 0$ , caso a face da lente seja convexa  $R > 0$ .

No caso de um das faces da lente ser plana, utilizamos a equação:  $\frac{1}{f} = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1\right)\left(\frac{1}{R}\right)$ .

Figura 19: Comparação da distância focal de duas lentes



Fonte: acervo do autor.

Analisando as figuras é possível observar que a distância focal menor causa maior convergência e isso pode ser medido com a equação:  $C = \frac{1}{f}$ . A unidade da vergência ou convergência é  $\frac{1}{m} = m^{-1} = \text{dioptria} = \text{di}$ , que também pode ser medida em  $\frac{1}{cm} = \text{cm}^{-1}$ .

**Exemplo:** Uma lente convexo côncava tem raios de curvatura, respectivamente, iguais a 60 cm e 20 cm. O índice de refração da lente é 1,5. Sabendo que ela está imersa no ar, calcule a distância focal dessa lente e a vergência, em dioptrias.

*Dados do problema:*

*Convexa*

$$R_1 = 60 \text{ cm}$$

*Côncava*

$$R_2 = - 20 \text{ cm}$$

$$n_{1\text{ ar}} = 1$$

$$n_2 = 1,5$$

### **Exercícios sobre a equação dos fabricantes de lentes e vergência das lentes:**

- 1) Determine, em dioptrias, a convergência das seguintes lentes:
  - a) Convergente de distância focal 80 cm;
  - b) Divergente de distância focal 10 cm.

Considere as lentes abaixo imersas no ar (o ar tem índice de refração 1)

- 2) Uma lente côncavo convexa tem raios iguais a 40 cm e 20cm respectivamente. O índice de refração da lente é igual a 2. Calcule sua convergência.
- 3) Calcule a distância focal de uma lente plano convexa de índice de refração absoluto igual a 1,2 e raio da face convexa 50 cm.
- 4) Uma lente convergente de 4 di, biconvexa, tem raios de curvatura  $R_1 = R_2 = 30 \text{ cm}$ . Determine o índice de refração da lente.
- 5) (ITA – SP) Uma vela se encontra a uma distância de 30 cm de uma lente plano convexa que projeta uma imagem nítida de sua chama em uma parede a 1,2 m da lente. Qual é o raio de curvatura da parte curva da lente se o seu índice de refração é 1,5?

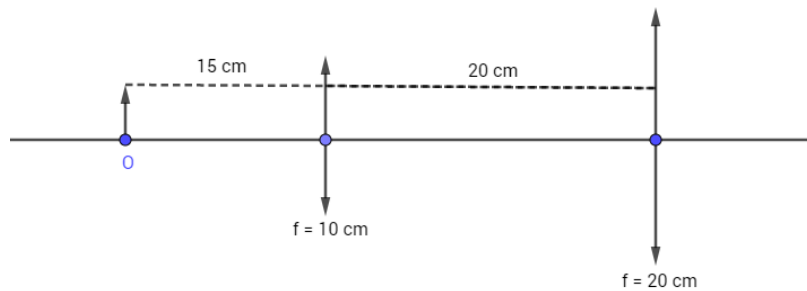
### **Aula 5 - COMBINAÇÃO DE LENTES DELGADAS.**

Se duas lentes delgadas são usadas para formar uma imagem, o sistema pode ser tratado da seguinte maneira: primeiro a imagem da primeira lente é calculada como se a segunda lente não estivesse presente. Então, a luz se aproxima da segunda lente como se tivesse originalmente vindo da imagem formada pela primeira lente. A imagem da segunda lente é a imagem final do sistema. Se a imagem da primeira lente se encontra na parte de trás da segunda lente, então a imagem é tratada como um objeto virtual pela segunda lente (ou seja,  $p$  é negativo). O mesmo procedimento pode ser estendido a um sistema com três ou mais lentes. A ampliação total de um sistema de lentes delgadas é igual ao produto das ampliações das lentes separadas.

#### **Exemplo: Onde está a imagem final?**

Duas lentes delgadas convergentes de distância focal de 10cm e 20cm estão separadas por

uma distância de 20 cm, como mostra a figura abaixo. Um objeto é colocado a 15 cm à esquerda da primeira lente. Encontre a posição e a ampliação da imagem final.



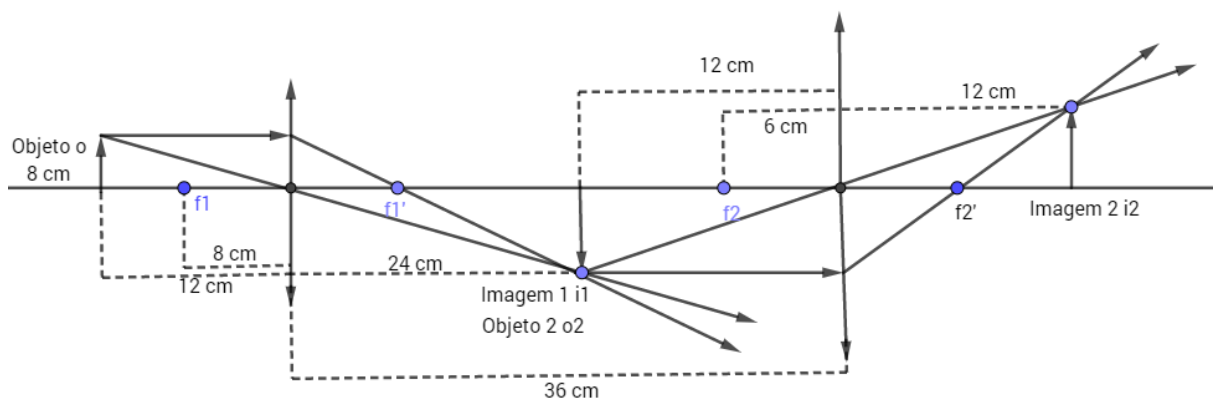
Dados do problema:  $f_1 = 10 \text{ cm}$

$f_2 = 20 \text{ cm}$

$p_1 = 15 \text{ cm}$

### Exemplo 2 Imagem de uma imagem.

Um objeto com 8 cm de altura é colocado 12 cm à esquerda de uma lente convergente com distância focal de 8 cm. Uma segunda lente convergente com distância focal 6 cm é colocada à 36 cm à direita da primeira lente. Ambas as lentes possuem o mesmo eixo óptico. Determine a posição, o tamanho e a orientação da imagem final produzida por essa combinação de lentes. (combinação de lentes convergentes são usadas em microscópios e telescópios)



Dados do problema:  $f = 8 \text{ cm}$

$p = 12 \text{ cm}$

$o = 8 \text{ cm}$

### Aula 6 - OLHO HUMANO

O texto que você lê abaixo foi extraído na íntegra de Física IV - Ótica e Física Moderna Young e Freedman p. 63



A forma do olho é quase esférica, com diâmetro aproximadamente igual a 2,5 cm. A parte frontal é ligeiramente mais curva e é recoberta por uma membrana dura e transparente, a córnea. A região atrás da córnea contém um líquido chamado de humor aquoso. A seguir vem o cristalino, uma lente em forma de cápsula com uma gelatina fibrosa dura no centro e progressivamente mais macia à medida que se aproxima de sua borda. A lente do cristalino é sustentada por ligações com o músculo ciliar, localizado em sua borda. Atrás dessa lente, o olho está cheio de um líquido gelatinoso chamado de humor vítreo. Os índices de refração do humor vítreo e do humor aquoso são ambos aproximadamente iguais a 1,336, valor quase igual ao índice de refração da água. O cristalino, apesar de não ser homogêneo, possui um índice de refração de 1,437. Esse valor não é muito diferente do índice de refração do humor vítreo e do humor aquoso; a maior parte da refração da luz que chega ao olho ocorre na superfície externa da córnea.

A refração na córnea e nas superfícies da lente produz uma imagem real do objeto que está sendo observado. A imagem é formada sobre a retina, uma membrana sensível à luz situada junto à superfície interna e traseira do olho. A retina desempenha o mesmo papel do filme na máquina fotográfica. Os cones e os bastonetes existentes na retina agem como minúsculas fotocélulas, que captam a imagem e transmitem os impulsos através do nervo óptico para o cérebro. A visão é mais precisa em uma pequena região central chamada fóvea central, com diâmetro aproximado de 0.25 mm.

A íris se localiza na parte dianteira do cristalino. Ela contém uma abertura com diâmetro variável denominada pupila que se abre ou se fecha para adaptar a entrada de luz de acordo com a variação da luminosidade. Os receptores da retina também possuem mecanismos de adaptação da intensidade.

Para que um objeto seja visto com bastante nitidez, a imagem deve ser formada exatamente sobre a retina. O olho se ajusta a diferentes distâncias  $p$  do objeto, variando a distância focal  $f$  de sua lente; a distância  $s'$  entre a lente e a retina não varia. Em um olho normal, um objeto no infinito é focalizado quando o músculo ciliar está relaxado. Para reduzir uma imagem bem focalizada sobre a retina de um objeto próximo, a tensão no músculo ciliar que envolve o cristalino aumenta, o músculo ciliar se contrai e o cristalino fica mais grosso na parte central, reduzindo os raios de curvatura de suas superfícies; logo, a distância focal diminui. Esse processo é chamado de acomodação.

Os extremos do intervalo em que a visão distinta é possível são chamados de ponto próximo e ponto distante. O ponto distante de um olho normal se encontra no infinito. A posição do

ponto próximo depende da capacidade do músculo ciliar de reduzir o raio de curvatura do cristalino. O intervalo de acomodação diminui gradualmente à medida que a pessoa envelhece, pois o cristalino aumenta durante a vida (para uma idade de 60 anos ele é 50% maior do que aos 20 anos), e os músculos ciliares tornam-se menos capazes de contrair uma lente maior. Por essa razão, a distância do ponto próximo aumenta à medida que a pessoa envelhece. Esse aumento da distância do ponto próximo recebe o nome popular de vista cansada e o nome científico de presbiopia. Por exemplo, uma pessoa com 50 anos não consegue focalizar com nitidez nenhum objeto que esteja a uma distância menor do que cerca de 40 cm.

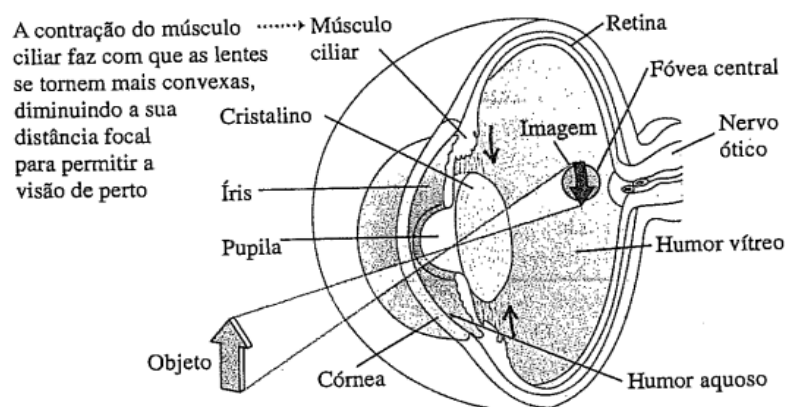
Tabela 1 Ponto próximo do olho humano segundo a idade

Idade (anos)	Ponto próximo (cm)
10	7
20	10
30	14
40	22
50	40
60	200

Fonte: Young e Freedman, p. 63

A tabela 1 apresenta as variações dos pontos próximos de um olho de acordo com a idade das pessoas, sendo possível observar como este aumenta proporcionalmente à medida que a idade também aumenta.

Figura 20 - Diagrama do olho humano



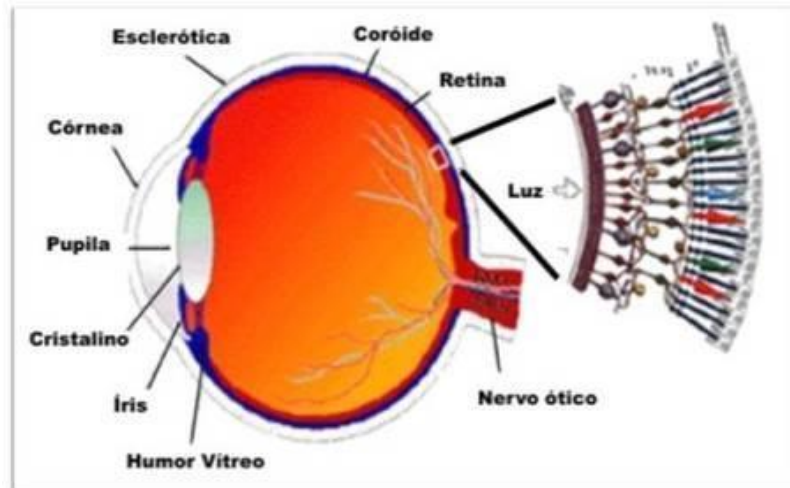
Fonte: Young e Freedman, p. 63

Diante da imagem 26 é possível observar a localização dos componentes ópticos essenciais

do olho humano. Conhecer os componentes ópticos bem como suas funções pode ser essencial no estudo dos problemas relacionados à visão.

Existem dois tipos de células sensíveis à luz na retina. Os bastonetes são mais sensíveis à luz do que os cones, contudo somente os cones são sensíveis às diferenças entre as cores. Um olho humano típico contém cerca de  $1,3 \times 10^8$  bastonetes e  $7 \times 10^6$  cones. Na imagem a seguir temos um corte na retina onde localizam-se os cones e bastonetes.

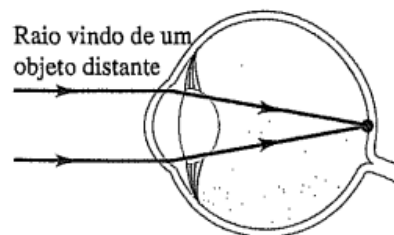
Figura 21: Corte na retina onde localizam-se os cones e bastonetes



Fonte: luztecnologiaarte.weebly.com

Seguimos com a representação da formação da imagem em um olho normal:

Figura 22 - Olho normal



Fonte: Young e Freedman, p. 64

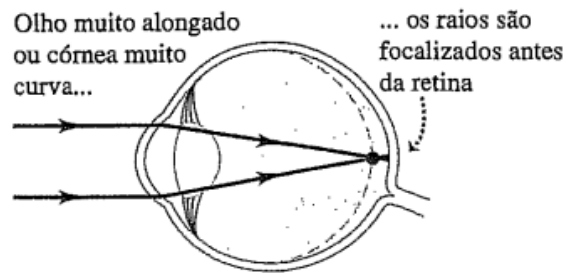
A figura 22 representa a formação de uma imagem na retina. Essa característica representa a formação da imagem em um olho normal, ou seja, sem problemas relacionados à visão quanto ao posicionamento da imagem.

### Defeitos da visão

A partir de agora vamos discutir alguns defeitos da visão relacionados ao posicionamento da imagem antes e depois da retina. Os problemas apresentados são miopia, hipermetropia e astigmatismo.

A figura 23 apresenta um olho míope onde é possível perceber que a formação da imagem acontece antes da retina. no olho míope, o globo ocular é muito alongado em comparação com o raio de curvatura da córnea (ou a córnea é curva demais), e os raios de um objeto situado no infinito são focalizados antes da retina. O mesmo autor aponta que o olho míope produz uma convergência demasiadamente grande dos raios paralelos.

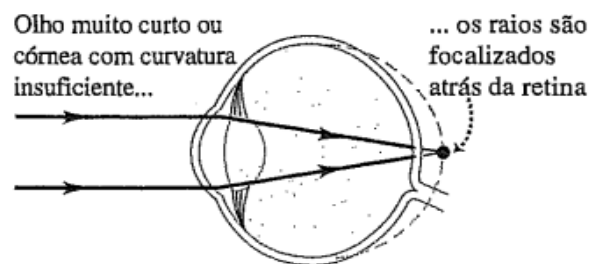
Figura 23 - Olho míope



Fonte: Young e Freedman, p. 64

A figura 24 apresenta uma representação do olho hipermetrope onde é perceptível que a imagem se forma após a retina. no olho hipermetrope, o globo ocular é muito curto ou a córnea não é suficientemente curva; assim, os raios de um objeto situado no infinito são focalizados atrás da retina. O mesmo autor aponta que o olho hipermetrope produz uma convergência insuficiente.

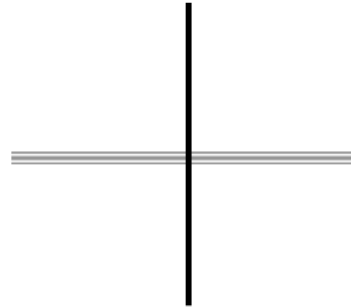
Figura 24 - Olho hipermetrope



Fonte: Young e Freedman, p. 64

O astigmatismo é um tipo de defeito diferente em que a superfície da córnea não é esférica, mas sim acentuadamente mais curva em um plano do que no outro. Em consequência, as linhas horizontais podem formar imagens em um plano diferente do plano formado pelas linhas verticais. Um exemplo apresentado pelo autor é que o astigmatismo pode tornar impossível a focalização simultânea das barras verticais e horizontais de uma janela, esse exemplo pode ser melhor visualizado com a ilustração abaixo:

Figura 25: Ilustração de como pode ser a focalização do astigmatismo



Fonte: neydiasopticaoftalmica

A cruz acima demonstra as linhas horizontais desfocadas e a linha vertical perfeita. É a visão de um portador de astigmatismo miópico simples com deficiência na direção horizontal. Esta dificuldade de visão apenas em uma direção, faz com que o portador desta deficiência visual não distinga bem símbolos, letras e objetos, dependendo do grau de astigmatismo.

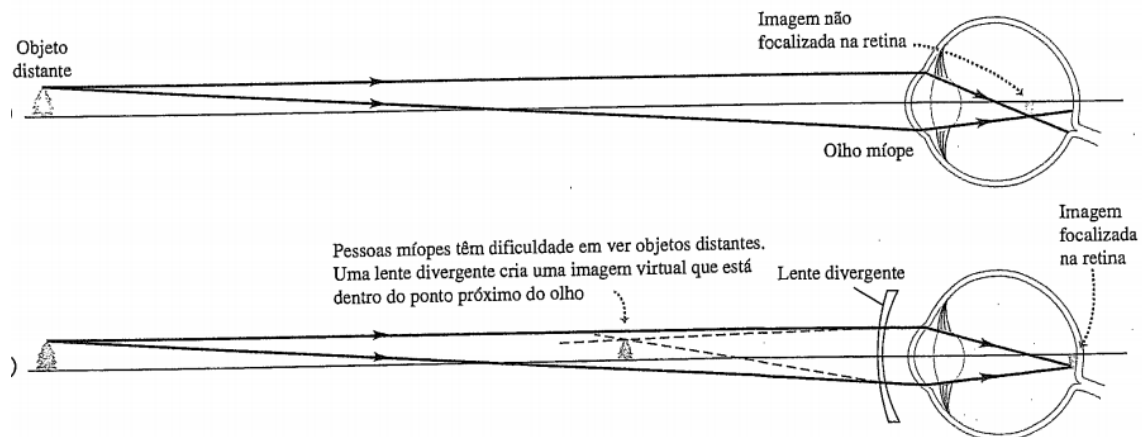
A dificuldade de visão do astigmata não é somente nas linhas horizontais como o desenho acima. O astigmatismo pode ocorrer em quaisquer direções, de  $0^\circ$  a  $180^\circ$ , muito embora na maioria das vezes ocorra próximo à direção horizontal.

Fonte: neydiasopticaoftalmica

### Correções com uso de lentes

Para cada problema na visão, descrito no item anterior, existe uma possível correção com o uso de lentes comumente comercializadas em forma de óculos ou lentes de contato. Após a correção, a imagem formada no olho se torna mais nítida. Vamos analisar possíveis correções da miopia, astigmatismo e hipermetropia.

Figura 26 - Olho míope e correção



Fonte: Young e Freedman, p. 65

Na figura anterior podemos observar que a imagem em um olho míope se forma antes da retina. A correção feita é através de uma lente divergente, que traz a imagem para a retina,

tornando-a nítida. **EXEMPLO: CORREÇÃO DA MIOPIA**

O ponto distante de um certo olho míope fica 50 cm à frente do olho. Para ver com nitidez um objeto situado no infinito, qual é a lente necessária para os óculos de correção? Suponha que a lente seja usada a uma distância de 2 cm do olho.

Resolução: O ponto distante de um olho míope está mais próximo do que o infinito. Para enxergar com nitidez objetos mais afastados do que o ponto distante desse olho é necessário que a imagem virtual do objeto se forme a uma distância que não seja maior do que o ponto distante. Suponha que a imagem virtual do objeto no infinito é formada no ponto distante, 50 cm à frente do olho e 48 cm à frente das lentes dos óculos. Ou seja, quando  $p = \infty$ , desejamos que  $p'$  seja igual a  $-48$  cm.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{\infty} + \frac{1}{-48}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{-1}{48}$$

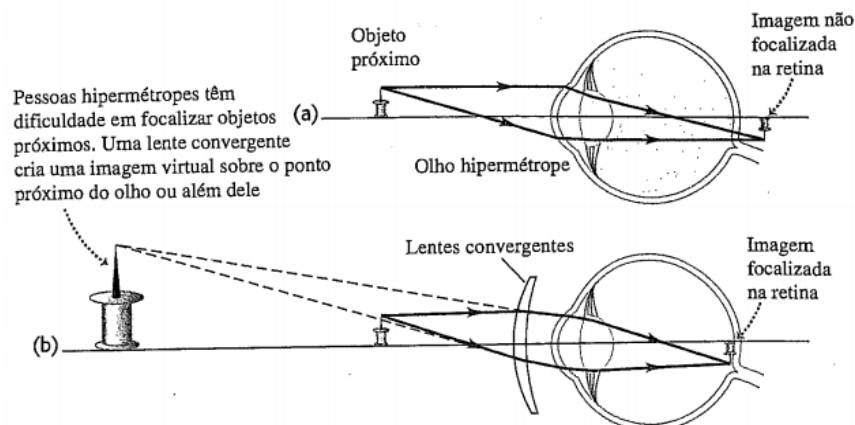
$$f = -48 \text{ cm} = -0.48 \text{ m}$$

$$C = \frac{1}{f} = \frac{1}{-0,48} = -2.1 \text{ di}$$

Precisamos de uma lente divergente com distância focal  $-48 \text{ cm} = -0.48 \text{ m}$ . A potência correspondente é igual a  $-2,1$  dioptrias. Se fossem usadas lentes de contato em vez de óculos  $f$  seria igual a  $-50 \text{ cm} = -0.5 \text{ m}$  e a potência seria  $-2$  dioptrias.

Uma lente negativa (divergente) produz uma divergência dos raios para compensar a convergência excessiva do olho míope.

Figura 27 - Olho hipermetrope e correção



Fonte: Young e Freedman, p. 65

Na figura anterior é possível observar que no olho hipermetrope a imagem se forma depois da retina. A correção é feita usando-se uma lente convergente que traz a imagem para a retina.

### EXEMPLO: CORREÇÃO DA HIPERMETROPIA

O ponto próximo de um certo olho hipermetrope fica 100 cm à frente do olho. Para ver com nitidez um objeto a uma distância de 25 cm do olho, qual é a lente de contato necessária?

Resolução: desejamos que a lente forme uma imagem virtual do objeto em um local correspondente ao ponto próximo do olho, a uma distância de 100 cm do olho. Ou seja, quando  $p = 25$  cm,  $p'$  deve ser igual a  $-100$  cm.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{25} + \frac{1}{-100}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{4-1}{100}$$

$$f = \frac{100}{3} = 33,33 \text{ cm} = 0,33\text{m}$$

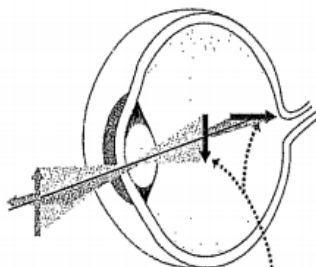
$$C = \frac{1}{f} = \frac{1}{0,33\dots} = 3\text{di}$$

Precisamos de uma lente convergente com distância focal 33,33 cm. A potência correspondente é de 3 dioptrias.

Uma lente positiva (convergente) fornece a convergência extra necessária para um olho hipermetrope focalizar a imagem sobre a retina. Nesse exemplo usamos uma lente de contato para corrigir a hipermetropia. Se tivéssemos usado óculos, teríamos de levar em consideração a separação entre o olho e a lente dos óculos, e uma potência um tanto diferente seria necessária.

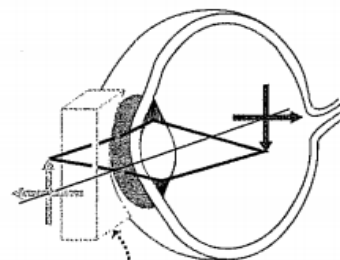
Figura 28 - Um tipo de astigmatismo

(a) As imagens de linhas verticais se formam antes da retina.



A forma do globo ocular ou das lentes faz com que os objetos na vertical e na horizontal focalizem-se em distâncias diferentes

(b) Uma lente cilíndrica corrige o astigmatismo.



Esta lente cilíndrica é curva na direção vertical, mas não na horizontal; ela muda a distância focal dos objetos verticais

Fonte: Young e Freedman, p. 66

Na figura anterior é possível observar um tipo de olho astigmático e o modo distorcido que imagem é formada. Isso acontece pois o olho astigmático focaliza imagens verticais e horizontais em distâncias diferentes. Um ajuste para esse problema é através de uma lente cilíndrica que modifica a distância focal dos objetos verticais.

## Aula 7 - EXPERIMENTO FINAL

Vamos fazer um experimento utilizando o laser e o conjunto de lentes através do qual será possível observar a representação do local da formação da imagem em um olho normal, seguido de um olho míope e de um olho hipermetrópe. Ainda nesse experimento será realizada uma série de combinações das lentes do conjunto com as associações que representam a formação da imagem no olho míope e hipermetrópe com a finalidade de demonstrar os efeitos da correção da visão ajustando o ponto focal na retina.

Para que isso seja possível seguiremos os seguintes passos:

1º passo: Observar a formação da imagem em um olho normal através do experimento registrando onde a imagem é formada.

2º passo: Observar a formação da imagem em um olho míope e hipermetrópe através do experimento registrando onde a imagem é formada.

3º passo: Registrar em forma de desenho as três situações na tabela abaixo:

Olho normal	Olho hipermetrópe:	Olho míope:

4º passo: Testar possibilidades de correção dos defeitos da visão observados no experimento, através da associação de lentes representando o olho humano em duas dimensões;

Neste momento, você deve testar as possibilidades de associação das lentes para ajustar a imagem sobre a retina. Como a combinação de lentes é limitada deve ficar claro que este experimento se trata de uma representação dos efeitos da correção da visão, já que as lentes podem ser combinadas antes e depois da lente que representa o cristalino, ou seja, quando a visão é corrigida com o uso de óculos ou lentes de contato ela são posicionadas antes do olho e no experimento talvez seja necessário posicionar a lente depois do cristalino.

**Faça os registros dos resultados observados das possíveis associações (aquelas que conseguem representar os efeitos da correção, ou seja, ajustam a posição da imagem sobre a retina) nos quadros abaixo:**

**Dica: anote as associações que você já fez, incluindo aquelas que não obtiveram**



**resultados satisfatórios, em seu caderno para otimizar seu tempo.**

Correção da miopia:



Correção da hipermetropia:



Após essa atividade compare seus resultados com os resultados de seus colegas e observe se há semelhanças ou diferentes maneiras de combinar as lentes e obter resultados positivos.

### **Aula 8 - MAPA MENTAL**

**ATIVIDADE:** A partir dos estudos e atividades realizados em sala de aula, produza um mapa mental relacionando características do olho humano normal, míope, hipermetrope e astigmático com as características na formação da imagem e as correções com uso de lentes esféricas. Para melhor desenvolver a atividade, faça a leitura do texto retirado do livro de YOUNG e FREEDMAN acerca do objeto de estudo tratado nas últimas aulas. Utilize uma folha A4, com letra legível, ou o aplicativo CMAPTOOLS em seu celular ou computador.

### **AGENDAMENTO DA AVALIAÇÃO**

#### **4 PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO FUNDAMENTAL**

TEMA: Proposta de sequência didática com uso de experimentação para abordagem do olho humano e problemas na visão, utilizando lentes.

##### **OBJETIVOS**

###### **Objetivo geral**

- Promover através de uma sequência didática situações que proporcionem o desenvolvimento do interesse e participação ativa no processo de ensino aprendizagem favorecendo a construção do conhecimento sobre a morfologia do olho humano e os problemas de visão utilizando diferentes metodologias, sob a luz da Teoria da Aprendizagem Significativa crítica de Moreira, a partir da aplicação em sala de aula de um experimento envolvendo associação de lentes delgadas representando o funcionamento do olho humano quanto a localização da imagem formada no interior do olho.

###### **Objetivos específicos**

###### **Aula 1 – 90 minutos (3 horas/aula)**

- Apresentar o experimento inicial representando a formação da imagem no olho humano com a intenção de desenvolver a curiosidade dos estudantes e facilitar o engajamento no processo de ensino.
- Identificar a morfologia do olho humano;
- Realizar o experimento de identificação do movimento de paralaxe característico da posição dos olhos;
- Identificar os diferentes tipos de lentes, bem como suas características de divergência e convergência, por meio do manuseio das lentes e uso laser;
- Observar a formação da imagem em um olho normal através do experimento;
- Estudar os problemas da visão miopia, hipermetropia e astigmatismo;
- Observar a formação da imagem em um olho míope e hipermetrope através do experimento;
- Solicitar da pesquisa sobre componentes morfológicos do olho humano e materiais para construção da câmara escura e olho de massinha de modelar.

**Aula 2 – 90 minutos (2 horas/aula)**

- Corrigir a pesquisa realizada como tarefa;
- Construir um desenho com os componentes do olho humano;
- Construir a câmara escura e observar a imagem invertida, relacionando com a característica de formação da imagem invertida no olho humano;
- Construir o olho de massinha de modelar.

**Aula 3 – 180 minutos (3 horas/aula)**

- Testar os efeitos da correção dos defeitos da visão observados no experimento, através da associação de lentes no experimento utilizando as lentes delgadas;
- Registrar os resultados encontrados por meio de desenho e sínteses construídas a partir da observação do experimento;
- Construir um olho de massinha de modelar, contendo a Esclera, Íris, pupila e nervos ópticos com uma planificação contendo a retina e o nervo óptico.

**Aula 4 – 90 minutos (2 horas/aula)**

- Produzir um mapa mental sobre a morfologia do olho humano, defeitos da visão e correção com o uso de lentes a partir do texto e representações entregues ao estudante;
- Realizar atividade avaliativa.

**CONTEÚDO**

- Lentes esféricas;
- Olho humano;
- Defeitos da visão;
- Efeitos da correção dos defeitos da visão com uso de lentes esféricas.

**METODOLOGIA****Aula 1 – 90 minutos (2 horas/aula):**

Apresentação formal com identificação do trabalho a ser realizado com os estudantes durante aproximadamente 10 aulas com discussão do cronograma e componentes curriculares.

Iniciar a aula com a apresentação da maquete do olho humano disponível na

escola mostrada na figura 1.

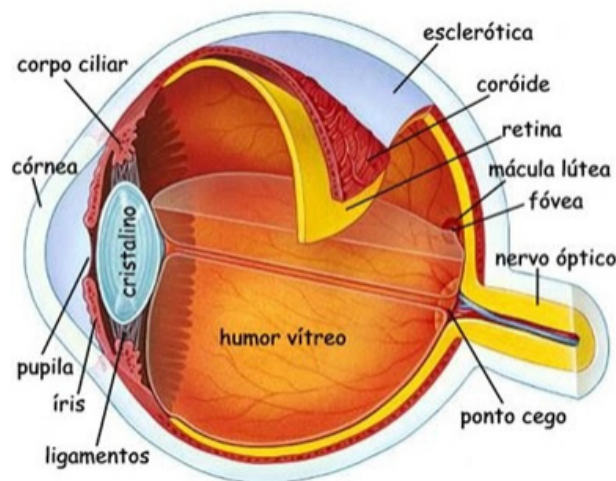
Figura 1: Maquete do olho disponível na escola



Fonte: Acervo do autor.

A maquete da figura 1 pode ser substituída por uma imagem morfológica do olho como a imagem da figura 2:

Figura 2: Morfologia do Olho Humano



Fonte: [todoestudo.com.br/biologia/olhos](http://todoestudo.com.br/biologia/olhos)

Depois de mostra a figura ou a maquete do olho é possível apresentar os seguintes vídeos disponíveis no youtube para os estudantes:

[O olho e as suas partes - Visão - Os sentidos para crianças](#)

Este vídeo é referente às partes do olho que pode ser seguido do vídeo:

[Como funciona a visão? - O Olho - Os sentidos para crianças](#)

O segundo vídeo é sobre como funciona a visão.

Seguido da visualização do vídeo seguimos com a solicitação da pesquisa sobre os principais componentes do olho humano.

Pesquisa: Escrever uma breve definição e utilidade de cada uma das partes do olho: Esclera; Nervo óptico; Retina; Íris; Cones; Bastonetes; Córnea; Pupila; Cristalino e

Músculos ciliares. A pesquisa deve ficar no caderno para discussão coletiva na próxima aula.

Seguindo com a solicitação dos materiais para confecção da câmara escura e da massinha de modelar para confeccionar o modelo do olho humano.

Para a câmara escura será preciso: Uma lata (de leite ou achocolatado) pintada de preto, papel manteiga, EVA ou papel cartão preto. Cada aluno deve trazer o seu material.

Uma sugestão de vídeo para confecção da câmara escura: [Experimento - Câmara Escura](#) disponível no youtube.

Depois das solicitações é possível aplicar o experimento inicial utilizando as lentes e o laser para representar a formação da imagem no olho normal, míope e hipermetrópe iniciando com a discussão:

Você já parou para pensar o que o óculos faz na frente do nosso olho que nos faz enxergar melhor? O que microscópios, lunetas, binóculos e telescópios fazem que nos fazem ver coisas muito pequenas ou coisas que estão muito longe com uma nitidez melhor e muitas vezes bem precisa dos objetos?

Figura 3: óculos



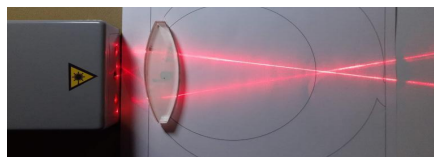
Fonte: [ativosaude.com/saude-dos-olhos/doencas-dos-olhos-comuns/](http://ativosaude.com/saude-dos-olhos/doencas-dos-olhos-comuns/) e [oticawaldefaraj.blogspot.com/2015/03/8-curiosidades-sobre-miopia.html](http://oticawaldefaraj.blogspot.com/2015/03/8-curiosidades-sobre-miopia.html)

### EXPERIMENTO INICIAL

Neste momento faremos uma breve demonstração do experimento com abordagem investigativa dos conhecimentos prévios dos alunos.

**OLHO NORMAL:** Apresentação da representação da formação da imagem em um olho normal.

Figura 4: Laser e lente biconvexa

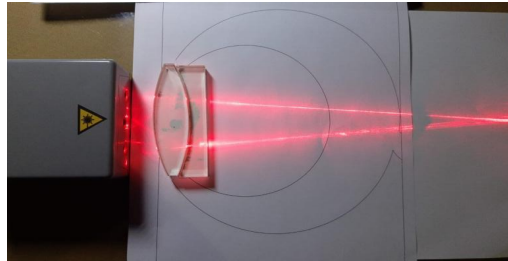


Fonte: Acervo do autor

Identificação do ponto onde a imagem é formada.

**OLHO HIPERMÉTROPE:** Apresentação da representação da formação da imagem em um olho hipermetrope.

Figura 5: Laser, lente biconvexa e lente plano côncava.

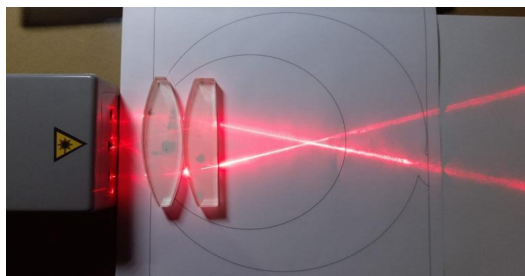


Fonte: Acervo do autor

Identificação do ponto onde a imagem é formada, seguida da comparação das posições dos pontos entre o olho normal e o olho hipermetrope.

**OLHO MIOPE:** Apresentação da representação da formação da imagem em um olho miope.

Figura 6: Laser, lente biconvexa e lente plano convexa



Fonte: Acervo do autor

Identificação do ponto onde a imagem é formada, seguida da comparação das posições dos pontos entre o olho normal e o olho miope.

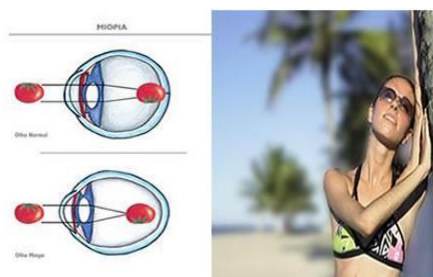
**DESAFIO:** Apresentação do desafio: combinar lentes de modo a representar os efeitos da correção feitas por lentes de contato, óculos e cirurgias quando apresentados os seguintes problemas na visão.

Deixar claro que estamos trabalhando com combinações de lentes que são limitadas a observar os efeitos da correção, tendo em vista que a correção com uso de lentes se dá na frente do olho e talvez nesse experimento precisaremos combinar lentes atrás do olho.

Depois do experimento é possível classificar as lentes em convergente e divergente. Essa classificação pode ser feita através do posicionamento das lentes na frente do laser observando o comportamento dos raios de luz. Essa classificação pode ser registrada no caderno dos estudantes.

Depois da classificação das lentes é possível mostrar as imagens de como as pessoas enxergam com alguns defeitos da visão:

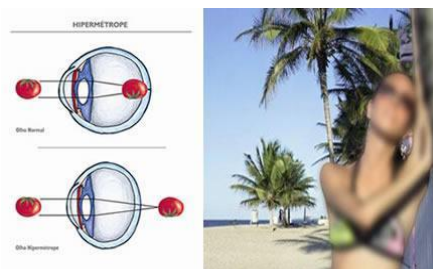
Figura 7: Olho com miopia



Fonte:brasilecola.uol.com.br/fisica/defeitos-na-visao-humana.htm

Na figura 7 podemos identificar a visão de um olho míope que tem dificuldade de focalizar objetos distantes.

Figura 8: Olho com hipermetropia



Fonte:brasilecola.uol.com.br/fisica/defeitos-na-visao-humana.htm

Na figura 8 podemos identificar a visão de um olho hipermetrope que tem dificuldade de focalizar objetos próximos.

Figura 9: Olho com astigmatismo



Fonte:brasilecola.uol.com.br/fisica/defeitos-na-visao-humana.htm

Na figura 9 podemos identificar a visão de um olho com astigmatismo que tem dificuldade de focalizar objetos próximos e distantes.

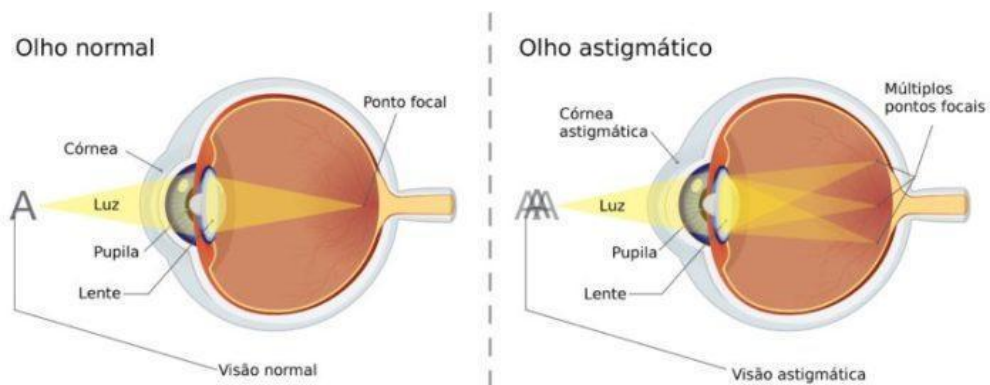
Figura 10: Visão astigmática e visão normal



Fonte:brasilecola.uol.com.br/fisica/defeitos-na-visao-humana.htm

Na figura 10 podemos identificar a visão de um olho com astigmatismo em um cenário noturno comparado com uma visão de um olho normal.

Figura 11: olho normal/ olho Astigmático



Fonte:brasilecola.uol.com.br/fisica/defeitos-na-visao-humana.htm

Na figura 11 podemos visualizar o esquema representando os vários pontos focais em um olho com astigmatismo.

Figura 12: comparação das visões normal/míope/hipermétrope/astigmática



Fonte:brasilecola.uol.com.br/fisica/defeitos-na-visao-humana.htm

Na figura 12 podemos visualizar as imagens vistas por um olho normal comparado com um olho míope, hipermetrópe e astigmático.

## Aula 2 – 90 minutos (2 horas/aula)

A segunda aula pode começar com a discussão da pesquisa feita pelos estudantes,



seguida da construção do desenho do olho humano na folha A4. Depois da construção do desenho se dá início à construção da câmara escura que pode seguir o vídeo 3 sugerido anteriormente.

Depois da construção da câmara escura se dá início à observação das imagens invertidas para que o estudante passe a se familiarizar com o conceito de imagem invertida através do posicionamento de uma vela com a chama acesa em frente a câmara escura.

Seguida da observação é sugerido que o estudante faça anotações em seu caderno sobre o fenômeno observado, dessa maneira o estudante passa a perceber que cada experimento deve ser seguido de análise.

Finalizando a aula com a construção do olho de massinha de modelar, nesse momento o estudante deve construir um modelo de olho humano com massinha de modelar sendo sugerido que o professor oriente com os seguintes passos:

1º Separar a massinha branca em duas porções: uma maior para construir o olho em três dimensões e uma menor para a planificação. Com as duas partes o estudante deve modelar duas esferas a menor dela deve ser achatada modelando um círculo.

2º Escolher uma das cores para fazer a íris do olho (verde, marrom ou azul) e modelar uma esfera para juntar à esfera branca maior.

3º Modelar com a massinha vermelha três músculos e posicionar os mesmos no olho em três dimensões.

4º Com a massinha preta modelar a pupila.

5º Com a massinha amarela modelar o nervo óptico e posicioná-lo na massinha branca em forma de círculo.

6º Com a massinha salmão modelar um círculo menor que o círculo branco para representar a retina.

7º Com a massinha azul e vermelha modelar a artéria e os vasos sanguíneos da retina.

Finalizando a construção, o olho de massinha pode ser exposto junto com os desenhos dos estudantes.

### **Aula 3 – 180 minutos (2 horas/aula)**

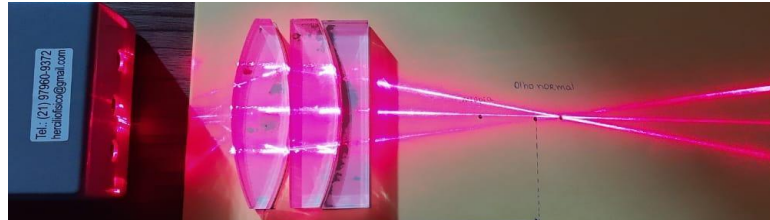
Neste momento, o estudante deve testar as possibilidades de associação das lentes para ajustar a imagem sobre a retina. Como a aplicação dessa sequência didática se dá em momento de pandemia, os alunos irão passar as instruções e o professor irá manusear o

experimento. Assim eles observarão os efeitos das associações das lentes na representação da formação das imagens.

### Resultados finais esperados:

Na figura 13 podemos observar um possível resultado para a correção da miopia:

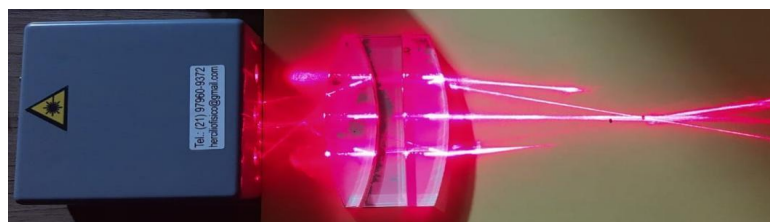
Figura 13: Exemplo de correção da miopia



Fonte: Acervo do autor.

Na figura 14 podemos observar um possível resultado para a correção da hipermetropia:

Figura 14: Exemplo de correção da hipermetropia



Fonte: Acervo do autor.

Fica como sugestão registrar os resultados encontrados pelos estudantes que podem ser diferentes do encontrado inicialmente.

## Aula 4 – 90 minutos (2 horas/aula)

### MAPA MENTAL

**ATIVIDADE:** A partir dos estudos e atividades realizados em sala de aula, produza um mapa mental relacionando características do olho humano normal, míope, hipermetrope e astigmático com as características na formação da imagem e as correções com uso de lentes esféricas. Para melhor desenvolver a atividade, faça a leitura do texto retirado do livro de didático CIÊNCIAS NATURAIS APRENDENDO COM O COTIDIANO acerca do objeto de estudo tratado nas últimas aulas. Utilize uma folha A4, com letra legível, ou o aplicativo CMAPTOOLS em seu celular ou computador.

### AVALIAÇÃO

A avaliação será por meio de um processo contínuo durante o desenvolvimento de todas as

aulas. Por esse motivo serão adotados diversos meios de verificação da aprendizagem, possibilitando a expressão do aprendizado da diversidade de aprendizagem apresentada pela heterogeneidade dos estudantes da classe.

As atividades de verificação são:

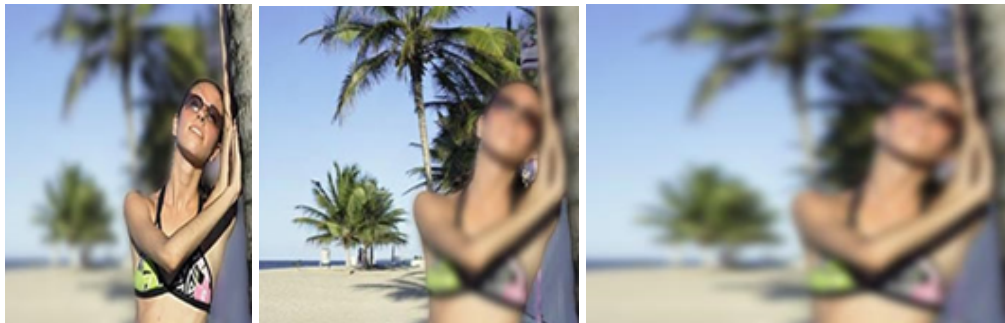
- 30 % - Participação no experimento e desenvolvimento das atividades propostas;
- 40 % - Mapa Mental;
- 30 % - Avaliação individual e sem consulta;

## 5 SUGESTÃO DE QUESTÕES PARA ATIVIDADE AVALIATIVA TIPO PROVA

1) Desenhe uma lente divergente e uma lente convergente diferenciando uma da outra com os efeitos dos raios de luz passando por elas:

--	--

2) Identifique qual imagem é vista por um olho míope, hipermetrope e astigmático, escrevendo embaixo de cada imagem qual o problema da visão que mais se adequa à imagem:



3) Nosso olho funciona como uma câmara escura, onde a imagem formada dentro do olho sobre a \_\_\_\_\_, é \_\_\_\_\_ e menor.

A alternativa que contém as palavras que completam a frase corretamente é:

- a) Retina, direita.
- b) Retina, invertida.
- c) Esclera, direita.
- d) Esclera, invertida.

4) (SEARS) A parte do olho responsável por transmitir impulsos ao cérebro é:

- a) Músculo ciliar
- b) Fóvea central
- c) Humor vítreo
- d) Córnea

e) Nervo óptico

5) A parte do olho que regula a entrada de luz chama-se:

- a) Esclera
- b) Retina
- c) Córnea
- d) Iris
- e) Pupila

6) (SEARS) Complete a frase:

Existem dois tipos de células sensíveis à luz na retina. Os \_\_\_\_\_ mais sensíveis a luz e os \_\_\_\_\_ mais sensíveis às diferenças entre cores.

7) (SEARS) No olho \_\_\_\_\_, o globo ocular é muito alongado em comparação ao raio de curvatura da córnea (ou a córnea é curva demais), e os raios de um objeto situado no infinito são focalizados antes da retina. O olho com esse problema produz uma convergência demasiadamente grande dos raios paralelos ao eixo óptico. Pessoas que apresentam esse problema na visão tem dificuldade em ver objetos distantes. Uma lente \_\_\_\_\_ cria uma imagem virtual que está dentro do ponto próximo do olho e corrige a visão.

- a) Hipermetrópe, convergente.
- b) Hipermetrópe, divergente.
- c) Míope, convergente.
- d) Míope, divergente.

8) (SEARS) No olho \_\_\_\_\_, o globo ocular é muito curto ou a córnea não é suficientemente curva; assim os raios de um objeto situado no infinito são focalizados ATRÁS da retina. O olho com esse problema produz uma convergência INSUFICIENTE e forma a imagem depois da retina. As pessoas com esse problema tem dificuldade em focalizar objetos próximos. Uma lente \_\_\_\_\_ cria uma imagem virtual sobre o ponto próximo do olho ou além dele e corrige a visão.

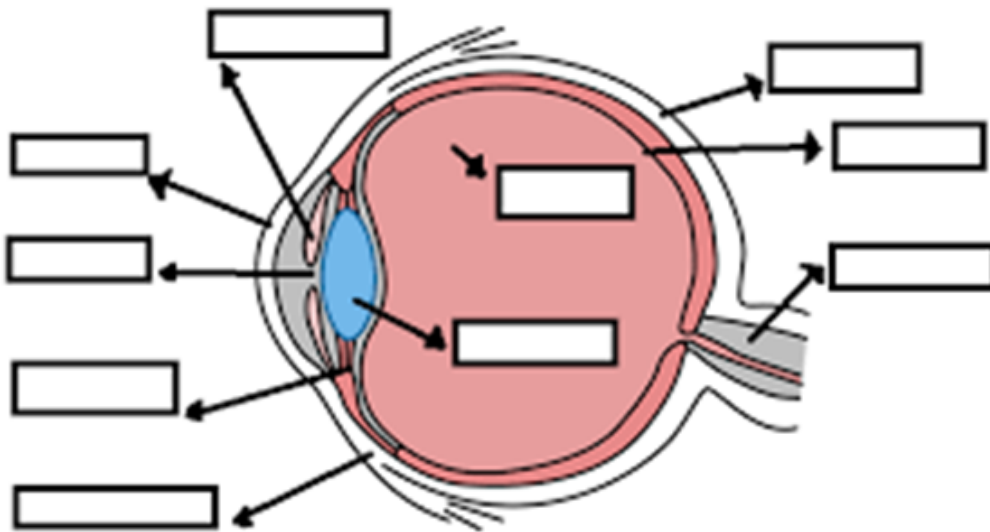
- a) Hipermetrópe, convergente.
- b) Hipermetrópe, divergente.
- c) Míope, convergente.
- d) Míope, divergente.

9) (SEARS) O astigmatismo é um tipo de defeito diferente em que a superfície da \_\_\_\_\_ não é esférica, mas sim acentuadamente mais curva em um plano do que em outro. Em consequência, podemos ver imagens “embassadas”.

A parte do olho que completa a afirmação é:

- a) Córnea
- b) Esclera
- c) Retina
- d) Fóvea central
- e) Cristalino

10) Complete cada uma das partes do olho:



11) A parte COLORIDA do olho que varia de acordo com a herança genética chama-se:

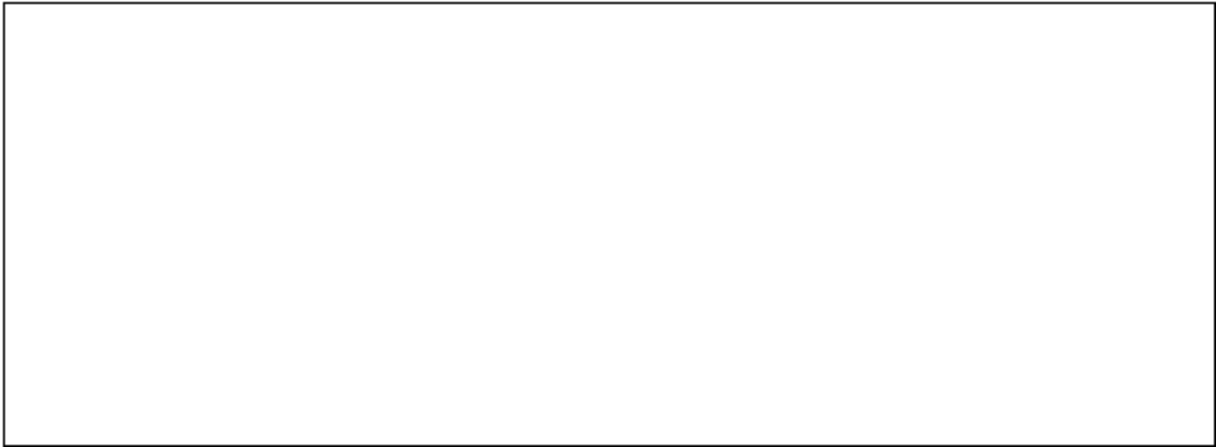
- A) Esclera
- B) Retina
- C) Córnea
- D) Iris
- E) Pupila

12) Nossos olhos tem uma característica importante referente a localização dos objetos graças ao seu posicionamento na frente da face, diferente dos cavalos por exemplo que seus olhos ficam localizados na parte lateral de suas cabeças. Podemos identificar esse movimento em um experimento feito em sala de aula na qual observamos o:

- a) Movimento dos olhos;
- b) Movimento do pescoço;
- c) Movimento das sobrancelhas;
- d) Movimento de paralaxe;

e) Movimento do nervo óptico.

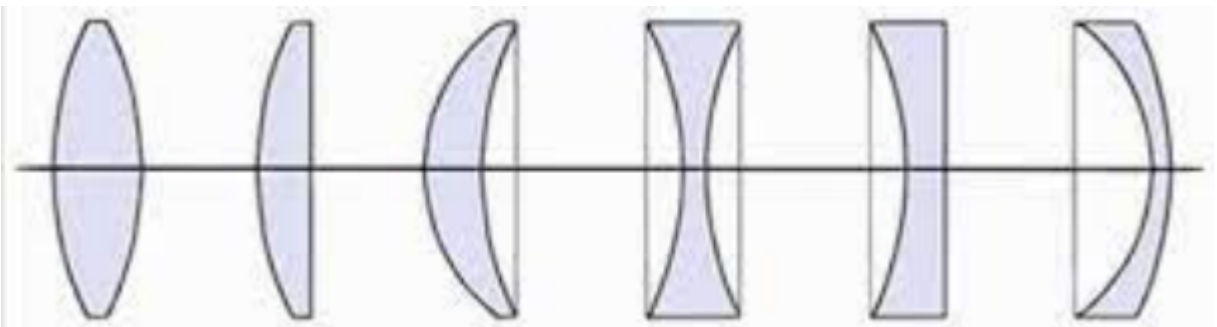
13) Desenhe um olho humano contendo a esclera, íris, pupila, cristalino, retina e nervo óptico. Depois de desenhar escreva o nome de cada uma das partes citadas. Caso você queira desenhar mais componentes estudados, não há problemas.



14) Identifique qual imagem é vista por um olho, NORMAL MIOPE, HIPERMÉTROPE e ASTIGMÁTICO, escrevendo embaixo de cada imagem qual o problema da visão que mais se adequa à imagem:



15) Classifique as lentes em divergentes e convergentes e desenhe os raios de luz em cada uma delas:



Depois de classificar enumere cada uma delas com seus respectivos nomes:

( ) Plano convexa

( ) Convexo côncava

- ( ) Plano Côncava
- ( ) Biconvexa
- ( ) Côncavo convexa
- ( ) Bicôncava

**ATIVIDADE 2:** CONSTRUIR UM MAPA MENTAL UTILIZANDO AS PALAVRAS:

OLHO HUMANO

IRIS

PUPILA

CÓRNEA

RETINA

IMAGEM

ANTES

DEPOIS

CRISTALINO

MIOPIA

HIPERMETROPIA

ASTIGMATISMO

NERVO ÓPTICO

CÉREBRO

O MAPA MENTAL DEVE TER UM TERMO CENTRAL QUE PODE SER O OLHO HUMANO E AS DEMAIS PALAVRAS DEVEM FICAR AO SEU REDOR SENDO LIGADAS POR SETAS E PALAVRAS DE CONEXÃO. ELE VAI DEMONSTRAR O QUANTO VOCÊ APRENDEU SOBRE O OLHO HUMANO.



## 6 CONCLUSÃO

O presente produto educacional trata-se de uma proposta para aplicação nas aulas de ciências e física no ensino fundamental e médio, oportunizando ao professor metodologias e possibilidades para abordagem das lentes, olho humano e problemas da visão em óptica geométrica.

A partir dos resultados apresentados durante sua aplicação é esperado que o professor possa criar um ambiente potencialmente significativo para a construção da aprendizagem significativa crítica, a partir da execução de uma variedade metodológica acessível aos níveis de ensino fundamental e médio, rompendo com abordagens puramente tradicionais.

O processo de ensino aprendizagem traz consigo a necessidade de aperfeiçoamento constante por parte do professor, dessa maneira esse produto visa contribuir com esse aperfeiçoamento e com o resgate do ensino de física de forma leve e significativa, rompendo barreiras culturais para com a física.

## REFERÊNCIAS

**Ametropias e lentes compensadoras.** Disponível em <https://sites.google.com/site/neydiasopticaoftalmica/ametropias-e-lentes-compensadoras?tmpl=system%2Fapp%2Ftemplates%2Fprint%2F&showPrintDialog=1> acesso em 24 de junho de 2021 às 16 horas.

CAVALCANTE, Kleber. **Defeitos na visão humana.** Brasil Escola. Disponível em <https://brasilescola.uol.com.br/fisica/defeitos-na-visao-humana.htm>, acesso em 21 de março de 2021 às 11:04 horas.

COELHO, Lucas. **As 19 doenças dos olhos mais comuns que existem.** Ativo Saúde. Disponível em: <https://www.ativosaude.com/saude-dos-olhos/doencas-dos-olhos-comuns/> acesso em 21 de março de 2021 às 11:17 horas.

FARAJ, Walde. **8 curiosidades sobre miopia.** Disponível em: <http://oticawaldefaraj.blogspot.com/2015/03/8-curiosidades-sobre-miopia.html>, acesso em 10 de junho de 2021 as 11:03 horas.

GRAF. **Física 2:** física térmica, óptica. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 5º Ed, 2000.

HALLIDAY, David. **Fundamentos de física:** Óptica e Física Moderna. Rio de Janeiro: LTC, 10º Ed, 2016.

**Luz:** olho humano e percepção de cores. Luz tecnologia e Arte, disponível em: <http://luztecnologiaearte.weebly.com/luz-e-fisiologia-da-visatildeo.html>, acesso em 24 de junho de 2021 as 14:20 horas.

PIETROCOLA, Maurício; et. al.. **Física em contextos.** Vol 2. São Paulo: Editora do Brasil, 1º Ed, 2016.

SERWAY, Raymond A.; JR., John W. Jewett. **PRINCÍPIOS DE FÍSICA VOL IV:** Óptica e Física Moderna. São Paulo: Cengage Learning, 3º Ed, 2010.

SJONLINE. **Muitas pessoas só percebem que têm astigmatismo depois de ver essas imagens.** São Joaquim Online. Disponível em: <https://saojoaquimonline.com.br/saude/2019/04/03/muitas-pessoas-so-perceberam-que-tem-a-stigmatismo-depois-de-ver-essas-imagens/>, acesso em 21 de março de 2021 as 11:06 horas.

SOUTO, Ana Lucia. **O olho.** Khan Academy. Disponível em: <https://pt.khanacademy.org/science/6-ano/vida-e-evolucao-a-visao/o-olho/a/o-olho-humano-e-a-visao>, acesso em 24 de junho de 2021 as 14:06 horas.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A.. **Física IV: Ótica e física moderna.** São Paulo: Addison Wesley, 12º Ed, 2009.

## APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO



## QUESTIONÁRIO

**Mestranda: Luana Michels**

**Data: 18/05/2020**

**Orientadora: Dr<sup>a</sup>. Marcia Martins Szortyka**

---

O presente questionário tem por objetivo a busca por informações relevantes à elaboração da Dissertação de Mestrado do Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF) do Campus de Araranguá da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. A produção da dissertação é uma atividade indispensável para a conclusão do curso. A temática principal da presente pesquisa é a identificação do panorama atual do ensino de física na educação básica, mais especificamente no ensino médio, bem como a busca por informações sobre os anseios dos estudantes em relação às aulas de Física. Diante disso sua colaboração com essa pesquisa é de extrema importância para a elaboração deste trabalho dissertativo.

Não é necessário identificação, bem como as respostas serão exclusivamente utilizadas para a análise da realidade do ensino de física, componente da área das ciências da natureza, na educação básica.

Responda apenas uma alternativa em cada pergunta objetiva e seja realista nas perguntas dissertativas.

Nome completo: \_\_\_\_\_

E-mail: \_\_\_\_\_

1. Você acha que a física tem importância e utilidade para o nosso dia a dia ou é apenas uma matéria que você precisa aprender para passar de ano?  
 Acho que tem grande importância e é fundamental para o desenvolvimento da humanidade.  
 Acho que não tem nada a ver com meu cotidiano e não serve para muita coisa.  
 Acho que pode ser importante, mas não sei para quê serve.  
 Não sei para o que ela serve, mas gostaria de saber.

2. Como tem sido as aulas de física que você tem presenciado nos últimos anos?

- Apenas com explicação, resolução de exercícios, seguido de prova ou trabalho.
- Com explicação com uso de vídeos e experimentos eventualmente, seguido de resolução de exercícios prova ou trabalho.
- Com explicação com uso de vídeos e experimentos rotineiramente, seguido de resolução de exercícios, prova ou trabalho.
- As vezes é de forma diferenciada, nunca sabemos como vai começar a abordagem de um novo assunto.
- Sempre é de forma diferenciada da abordagem anterior, deixando de lado a repetição na maioria das vezes.

3. Quais suas maiores dificuldades nas aulas de física.

- Resolução dos exercícios no momento de interpretar os dados
- Resolução dos exercícios no momento de resolver os exercícios
- Na compreensão dos significados e utilidade dos conceitos
- Não apresento interesse nas aulas, pois parece ser sempre da mesma forma
- Não apresento dificuldades
- Não compreendo a teoria, mas vou bem na resolução dos exercícios
- Compreendo a teoria, mas não consigo desenvolver muito bem os exercícios

4. O que você gostaria que mudasse nas aulas de física para que ela possa se tornar mais atrativa?

---

---

---

5. Quais assuntos ou temas você gostaria de aprender nas aulas de física?

---

---

---

**O questionário foi aplicado em forma de formulário do google acessado pelo link <https://forms.gle/fWGSqUvx942tk5rM7>. Essa estratégia foi adotada devido a situação de isolamento social vivenciada devido a pandemia provocada pelo COVID-19.**

**Muito obrigada por sua colaboração**

A seguir estão apresentadas as respostas dos estudantes seguidas de uma análise

objetiva acerca dos resultados apresentados:

Respostas da questão 1. Você acha que a física tem importância e utilidade para o nosso dia a dia ou é apenas uma matéria que você precisa aprender para passar de ano?

<b>1. Você acha que a física tem importância e utilidade para o nosso dia a dia ou é apenas uma matéria que você precisa aprender para passar de ano?</b>		
<b>A</b>	Acho que tem grande importância e é fundamental para o desenvolvimento da humanidade.	<b>75</b>
<b>B</b>	Acho que não tem nada a ver com meu cotidiano e não serve para muita coisa.	<b>2</b>
<b>C</b>	Acho que pode ser importante, mas não sei para que serve.	<b>8</b>
<b>D</b>	Não sei para o que ela serve, mas gostaria de saber.	<b>3</b>
<b>E</b>	Eu sei que a matéria é bem importante para o desenvolvimento de tudo, mas às vezes me vejo com dificuldade de aprender.	<b>1</b>
<b>F</b>	Acho que é importante para o nosso futuro, vamos precisar um dia em algum trabalho que vamos frequentar	<b>1</b>
<b>Total</b>		<b>90</b>

Respostas da questão 2. Como tem sido as aulas de física que você tem presenciado nos últimos anos?

<b>2. Como tem sido as aulas de física que você tem presenciado nos últimos anos?</b>		
<b>A</b>	Apenas com explicação, resolução de exercícios, seguido de prova ou trabalho.	<b>33</b>
<b>B</b>	Com explicação com uso de vídeos e experimentos eventualmente, seguido de resolução de exercícios prova ou trabalho.	<b>27</b>
<b>C</b>	Com explicação com uso de vídeos e experimentos rotineiramente, seguido de resolução de exercícios, prova ou trabalho.	<b>8</b>
<b>D</b>	Às vezes é de forma diferenciada, nunca sabemos como vai começar a abordagem de um novo assunto.	<b>15</b>
<b>E</b>	Sempre é de forma diferenciada da abordagem anterior, deixando de lado a repetição na maioria das vezes.	<b>2</b>
<b>F</b>	Todas as vezes começa com explicação de conteúdo, exercício e trabalho, as provas são eventualmente, apenas uma vez ao passado teve aula prática, mas	<b>1</b>

	este ano não fizemos nenhuma aula prática, até por conta do tempo que tivemos presencialmente, mas creio que mesmo assim não iríamos ter alguma prática esse ano.	
<b>G</b>	Não tive muita aula de física, mas é um assunto muito bom.	<b>1</b>
<b>H</b>	Depende dos anos, foram diferentes.	<b>1</b>
<b>I</b>	Faz tempo que não estudo mais de 18 anos para ser mais preciso, então para mim escolher uma das alternativas seria não responder ela com sinceridade, mas acredito que para entendermos melhor seria bom aprender para prática como a física atua em nosso cotidiano pois ela está no nosso dia a dia a gente queira ou não.	<b>1</b>
<b>J</b>	Este é meu primeiro ano com aulas de física, então está sendo meio difícil compreender os conteúdos solicitados.	<b>1</b>
<b>Total</b>		<b>90</b>

Respostas da questão 3. Quais suas maiores dificuldades nas aulas de física?

<b>3. Quais suas maiores dificuldades nas aulas de física?</b>		
<b>A</b>	Compreendo a teoria, mas não consigo desenvolver muito bem os exercícios	<b>19</b>
<b>B</b>	Resolução dos exercícios no momento de resolver os exercícios	<b>12</b>
<b>C</b>	Resolução dos exercícios no momento de interpretar os dados	<b>33</b>
<b>D</b>	Na compreensão dos significados e utilidade dos conceitos	<b>6</b>
<b>E</b>	Não apresento dificuldades	<b>10</b>
<b>F</b>	Não compreendo a teoria, mas vou bem na resolução dos exercícios	<b>8</b>
<b>G</b>	Entendo a teoria depois de praticar	<b>1</b>
<b>H</b>	Entendo bem os conteúdos e faço os exercícios sem problemas, minha dificuldade é quando o assunto é trabalhado por muito tempo sem ser necessário ou sem se aprofundar mais no assunto, por exemplo ficar por 30 aulas falando apenas de termômetro e temperatura básicos, isso desgasta e torna o conteúdo muito chato, quanto na verdade em no máximo 5 aulas tudo que vimos em 30 aulas poderia ser feito, e também quando são propostos atividade nada a ver com o conteúdo, como por exemplo, pegue revistas e recorte todas as vezes que a palavra física aparece e entregue, não consigo fazer esse tipo de trabalho pois sei que não irá agregar em nada o meu conhecimento.	<b>1</b>
<b>Total</b>		<b>90</b>

Respostas da questão 4. O que você gostaria que mudasse nas aulas de física para que ela possa se tornar mais atrativa?

<b>4. O que você gostaria que mudasse nas aulas de física para que ela possa se tornar mais atrativa?</b>		
Acho que não há o que mudar		
Que tivesse mais aula prática, porque tem bem pouca		
Poderia pensar em algo que a física atua diretamente no nosso dia a dia		
Que houvesse mais aulas práticas		
Queria mais explicações, exercícios e depois prova ou trabalho		
Gostaria de assuntos mais sobre o espaço e o mundo não só assuntos cotidianos		
Gostaria que nos assuntos que fossem possíveis, fizesse uma aula prática, pois muitas vezes não entendemos o conteúdo como ele é passado normalmente.		
Com mais experimentos, vídeos e coisas diferenciadas para facilitar a compreensão do conteúdo		
Aulas mais diferenciadas, com mais experimentos, pois acho que assim, nós alunos, vamos nos interessar mais pelas aulas		
Explicações de formas criativas, resolução de atividades de maneira diferente		
Gostaria que tivesse mais exemplos em forma de diversão, ou em algo que entre no nosso dia a dia		
Uma conexão com um caso comum no dia a dia		
Gostaria que tivesse mais atividades para compreender melhor a matéria para depois aplicar a prova ou o trabalho		
Atividades práticas sobre o tema, para um melhor entendimento.		
As aulas de física são de extrema importância para no futuro exercer um vestibular, porém alguns alunos já têm mais dificuldades pelo fato de não saber interpretar muito bem as questões pedidas, promover mais atividades que force a mente do estudante para termos mais conhecimento e facilidade com essa matéria.		
Que tivessem mais aulas dinâmicas		
Está de boa, não tem muita reclamação, pois tem vídeo aula		
Dar uma diferenciada		
Experiência em laboratório		
Não sei	Mais experimentos	Sim
Vídeos explicativos pelos nossos professores, com exemplos		
Gostaria que realizassem mais experiências envolvendo a disciplina de física		
Sempre tentando inovar, fazendo mais trabalhos e experiências tanto na explicação		



quanto na hora dos exercícios, pois os alunos se interessam muito mais quando são aulas diferenciadas			
As aulas com a professora são bem legais pois ela nos ajuda, conversa e brinca com todos. Não gostaria de mudar nada nas aulas			
Acho que não tem muita coisa é uma matéria para desenvolver o raciocínio vai do esforço de cada pessoa.			
Gostaria que pudéssemos usufruir mais do laboratório			
Acredito que se tivessem mais experimentos para os alunos fazerem em casa			
Com experimentos, curiosidades, aulas diferenciadas.			
Nada dos professores, Só precisa de mais atenção dos alunos.			
A professora fazendo experimento e falando com que fez			
Fazer mais experimentos, vídeos demonstrativos. Sair mais da sala de aula e pôr em prática o que estamos aprendendo.			
Talvez algumas dinâmicas cairiam bem durante algumas matérias.			
Às vezes poderia ter mais práticas ou mais exemplos			
Aulas práticas seria uma boa ideia, mas provavelmente não daria certo pois precisaria de cooperação, e isso não é algo fácil de conseguir.			
Acredito que não precisa ser mudada em nada, ou quase. Pois estou gostando das atividades, com um pouco mais de atenção conseguimos fazer, às vezes pedindo ajuda aos colegas e professores fica mais fácil.			
Eu acho que deveria ter experiências e brincadeiras para podermos estudar e se esforçar para a brincadeira.			
Por mim está bom, mas talvez um vídeo algo assim			
Atividades diferentes.	Nada assim está bom	Tudo	Não sei
A professora tem que falar mais devagar, ser mais calma, parece que quer explicar logo para acabar logo e ir embora logo			
Que tivessem mais experiências para fazer			
Mais atividades práticas			
Gostaria que tivesse mais atividades práticas.			
Poderíamos visitar lugares diferenciados para ter um estudo mais amplo e diferenciado.			
Eu acho que deveria ter brincadeiras e experiências			
Tive poucas aulas de física presenciais até agora e acho que as aulas estavam indo bem. E nas online também está bem.			

Ter menos exercícios pois assim poderíamos nos concentrar mais em fazer eles quando tem muito tentamos mais fazer logo e se torna algo chato de aprender e desanimador				
A abordagem dos conteúdos poderia ser mais dinâmica e mais rápida em conteúdos simples, não é necessário ficar o ano todo estudando termômetros, acho que uma mudança de hábitos viria muito a calhar.				
Utilizar mais o laboratório para fazer mais experimentos.				
As aulas às vezes poderiam ser na rua na prática de alguma coisa feita ao ar livre ou às vezes um vídeo.				
Nada, para mim está bom do jeito que está.				
Ter mais aulas práticas, com experiências				
Fazendo mais experiência, seria muito legal.				
As atividades é só copiar e responder isso fica meio ruim				
Ter mais experiências, algo diversificado, exemplo da física no cotidiano.				
Mais aulas práticas, conseguimos entender muito melhor com aulas práticas do que somente com explicações no quadro.				
Acredito que fazer mais experimentos ou vídeos tornaria a matéria mais interessante.				
O linguajar para que todos possam compreender o conteúdo com sucesso.				
Fazer mais experimentos	Não mudaria nada	Mais atividades práticas.	Nenhuma sugestão	Ter mais aulas práticas
Que eu estivesse na escola com o professor me explicando a matéria				
Poderia ser um pouco mais diferenciada como foi com o experimento.				
As aulas de maneira geral estão boas, porém poderia ter mais experimentos				
Fazer aulas diferenciadas, para não ficar repetitivo				
Da forma que está já acho bastante interessante.				
A princípio nada, porém não tornar as aulas repetitivas e cansativas, fazer coisas diferentes, experiências e conhecer a física no nosso cotidiano				
Acredito que mais aulas práticas, e uso de vídeos, tornaria a matéria mais interessante.				
Sinceramente, nada, está excelente do jeito que está, não tenho o que reclamar, nas aulas presenciais, eu gosto das explicações da professora, pois quando ela se empolga na explicação, consigo ficar bem mais atento a aula.				
Ter mais aulas diferenciadas no laboratório.				
Mais vídeos, experiências e aulas práticas				
Ter mais aulas diferenciadas no laboratório.				
Mais experiências no laboratório da escola.				

Está ótima a aula de física não precisa mudar			
Na escola, gostaria de ter mais aulas no laboratório			
Não sei direito, mas acho que dinâmicas, vídeos etc.			
Não tenho uma ideia formada			
Usar formas mais diversificadas nas explicações			
Tornar mais atraente para que todos mostrem interesse			
Mais experiências com explicações.			
Ter mais experimentos	Para mim está ótimo assim	Que tenha experiências se possível.	Mais experiências, aulas práticas e vídeos.

Respostas da questão 5. Quais assuntos ou temas você gostaria de aprender nas aulas de física?

<b>5. Quais assuntos ou temas você gostaria de aprender nas aulas de física?</b>
Me interessa bastante quando é falado sobre o universo, as teorias e tudo que já foi comprovado, tanto que o filme interestelar foi maravilhoso para ter uma noção de como as coisas nos outros universos podem funcionar. Adoro quando tem fórmulas também porque acho muito mais prático para entender e fazer os exercícios, apesar de ser péssima com interpretação, o que atrapalha as vezes.
São muitos os temas que gostaria de aprender na física .... porém gostaria de aprender os assuntos ou temas que está ligado à minha profissão a agricultura, onde ela tudo atua ajudaria bastante...
Desculpa, mas essa pergunta eu não sei o que responder.
Movimento retilíneo, aceleração e entre outros.
Eu sinceramente não sei o que gostaria de aprender pois eu nunca desperto um interesse muito grande pela física
Algumas curiosidades sobre assuntos mais da atualidade.
Movimentos, universo, equilíbrio, calor e os fenômenos térmico
Gostaria de aprender tudo o que for necessário para entender a física e o que é sugerido pela escola para os alunos.
Talvez algo relacionado a teoria da relatividade ou mesmo sobre o espaço.
Gostaria de aprender o maior número possível dos conteúdos de física.
Todo conteúdo que não apresenta porcentagem
Os que forem importantes e que eu use para a vida

Áreas que reúne oscilações, ondas, óptica e radiação				
Gosto de aprender sobre os planetas e o espaço.				
Quando se pensa em física se lembra apenas contas, mas não deve ser bem por aí				
Coisas que possamos ver no nosso dia a dia, assuntos que deem para fazer dinâmicas e algumas curiosidades da física.				
Não conheço muitos assuntos mais o que vier a gente tenta aprender da melhor forma				
Gostaria muito de aprender mecânica, ouvi dizer que é a melhor parte da física, gostaria de aprender sobre a gravidade que os corpos exercem no espaço, aprender mais sobre o universo, aprender um pouco mais sobre as descobertas que Einstein fez.				
Não sei ao certo	Tudo	As Leis de Newton	Não sei	
Um experimento que vai ter uma utilidade pra nossa vida				
Mecânica, Eletricidade e Energia, Ondulatória, Termodinâmica e Óptica.				
Universo, Big Bang, estrelas, planetas, buracos-negros.				
Como se dá o funcionamento das coisas				
Queria saber mais sobre o Svante August Arrhenius				
Gosto de quase todos os assuntos abordados.				
Gostaria de entender mais sobre o magnetismo				
Talvez precisássemos fazer mais teorias, uma videoaula com os alunos combinados em um dia para todo mundo conversar sobre um tema que seja legal para todos, batermos um papo e etc.				
Quanto tempo a comida leva para ser digerida, quanto tempo levamos para fazer algumas coisas, quanto tempo leva para algumas coisas ficarem poderes entre algumas outras coisas que mais para frente teria vontade de aprender a velocidade de subir uma montanha ou o tempo de ir de carro daqui a Florianópolis essas coisas.				
Eu amo mecânica e já pesquisei e vi que tem muita coisa que envolve a física gostaria de ver mais coisas que nós um dia vamos usar como mostrar como a física se encaixa no nosso dia a dia assim como a mecânica e contas que usaria nesse meio				
Os que a professora achar interessante para nosso aprendizado				
Os físicos conhecidos, suas teorias e descobertas.				
Não sei ao certo, mas seria bom um aprofundamento em alguns temas como as leis de Newton, por exemplo.				
Onde a gente usa a física no nosso dia a dia.				
Teorias comprovadas e não comprovadas e aprender mais sobre o universo.				
A criação do universo, conspiração entre outros				
Eletricidade e	Teorias diferentes	Não sei dizer.	Todos	Não sei

energia.				
Não tenho em mente agora alguma coisa que eu queira aprender.				
E os principais temas de física que caem no ENEM.				
Teorias, astronomia e coisas relacionadas ao universo.				
Sobre os estados dos objetos (gasoso, líquido, sólido...)				
Gostaria de aprender os assuntos que são mais apresentados no ENEM.				
Gostaria de ver mais a fundo as leis de newton				
Sistema solar não sei muito bem o que gostaria				
Óptica, física nuclear, astronomia.				
Gostaria de aprender melhor as teorias.				
Eu gosto de discutir teorias. Astrofísica.				
Energia cinética				
Espaço, gravidade e relatividade				
Mecânica				
Eletricidade e Energia				
Ondulatória				
Termodinâmica				
Óptica				
O surgimento da física				
Não sei	Não sei	Tanto faz	Tudo	Gravitação
Gravidade, onda, eletrostática				
Que cai em vestibular e Enem				
Não sei exatamente				
Não tenho um específico				
Os que são propostos já estão ótimos				
Coisas diferentes...				
De como a gravidade influencia o espaço-tempo.				
Gostaria de aprender a calcular a altura das coisas (árvore).				
Os temas propostos para as aulas de física				

Coisas relacionadas a laboratório			
Sobre física médica e astrofísica.			
Física no cotidiano.			
Exercícios práticos			
Trabalho, potência e energia.			
Velocidade			
Mecânica, física nuclear.			
Vários diversificadamente			
Universo, buraco negro			
O do livro já está bom			
Não tenho nenhum tema.			
Sobre o espaço	Nenhuma sugestão	Não sei	Universo